



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Filipe Miguel Costa Freitas

CONSTRUÇÃO MODULAR SUSTENTÁVEL - Propostas de um projeto tipo -

Nome do Curso de Mestrado
Mestrado de Construções Civas – Ramo Ambiente

Trabalho efetuado sob a orientação do
Orientador: Prof. Doutor Hugo Lopes
Coorientador: Prof. Doutor Mário Russo

Julho de 2014

MEMBROS DE JÚRI NOMEADOS

Presidente do Júri: Professor Doutor Mário Russo.

Arguente: Professor Doutor Luís Bragança.

Orientador: Professor Doutor Hugo Lopes.

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS

Quero apresentar a minha profunda gratidão a todos aqueles que me acompanharam ao longo da realização desta dissertação, em especial ao meu coorientador Professor Hugo Lopes e ao meu orientador Professor Mário Russo, cuja disponibilidade e experiência resultaram sempre em conselhos sábios.

Ao Arquiteto Jorge Brito, pelo apoio e paciência na formulação 3D, que foi determinante nas escolhas e na materialização da ideia. Ao meu colega Frutuoso Sousa, pelos conselhos técnicos extremamente úteis, bem como a todos os meus colegas de curso e Professores de mestrado, pelos anos extremamente ricos em experiências e conhecimentos.

Um agradecimento muito especial a todos os técnicos e empresas, cuja amabilidade e atenção não consigo equiparar em palavras, mas cuja parceria e apoio foram determinantes na elaboração deste projeto.

Quero ainda dedicar esta dissertação aos meus pais que são o farol da minha vida, à minha irmã que é a minha esperança no futuro e aos meus amigos que são o apoio de todos os dias.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho consiste no desenvolvimento de um módulo tipo, cujo sistema construtivo concilie os princípios da construção modular, aliada com as preocupações da sustentabilidade e eficiência.

O módulo tipo apresenta na sua formulação a possibilidade de conjugação com outros módulos, permitindo inúmeras soluções arquitetónicas e várias opções em termos de funcionalidade. As suas dimensões, atendem às necessidades de conforto e utilização para habitação, mas também procuram a facilidade no transporte e colocação no local.

A escolha dos materiais e equipamentos a incorporar foram escolhidos com base em diversos fatores que reduzem o impacto ambiental, promovem o aproveitamento hidráulico e reduzem o consumo energético.

O conceito modular, acompanha de forma transversal o projeto, surgindo na formulação e dimensionamento dos elementos *standard*, até à conjugação dos vários módulos. A montagem dos vários elementos, procura o aproveitamento máximo do material, atenuando os desperdícios mas também reduzindo o tempo de mão-de-obra na preparação dos materiais a incorporar.

A criação de várias parcerias com empresas nacionais ou a operar em Portugal, possibilitou uma grande quantidade de informação e acompanhamento técnico, tornando possível a formulação do produto e a sua possibilidade de conceção em fábrica com custos de produção acessíveis. A utilização de materiais e equipamentos de grande qualidade e ambientalmente favoráveis, oferecem resultados de eficiência que salvaguardam as exigências construtivas que possam surgir num futuro próximo.

O resultado final passa pela oferta de quatro produtos distintos, um módulo “posto de vendas”, um módulo “estúdio”, um módulo “habitação T1” e um módulo “habitação T2”. A sua versatilidade construtiva, reduz o impacto visual e a sua vertente ambiental permite a sua colocação mesmo em locais mais sensíveis como zonas

protegidas, mas também oferece a possibilidade de aplicação em países onde é conhecida a necessidade de habitação de qualidade. A incorporação de materiais existentes no mercado, permitiu a determinação objetiva dos custos do projeto, que variam entre os 34.000,00€ e os 110.000,00€, valores suportáveis atendendo aos ganhos de eficiência e sustentabilidade que o projeto apresenta. As soluções construtivas simples e os materiais escolhidos, permitem ainda equacionar a valorização de grande parte dos materiais, aquando do final da vida útil do projeto. De salientar, que a componente modular resulta em valores reduzidos de desperdícios de material, sendo que estes na sua maior parte, poderão ser valorizados ou utilizados na construção de outros módulos base. Os sistemas de aproveitamento da energia solar para produção de águas quentes sanitárias e produção de energia, bem como a utilização de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e cinzentas, atribui uma valorização notória ao projeto nas questões da construção sustentável. A utilização de isolamentos de origem natural com a promoção da ventilação natural e aquecimento com recurso a sistema de biomassa, permite oferecer um produto versátil, amigo do ambiente e com uma classe de eficiência energética A+, garantindo dessa forma as exigências de conforto e qualidade que as sociedades modernas exigem, mas reduzindo de forma significativa o seu impacto a nível ambiental.

PALAVRAS-CHAVE

Construção modular, construção sustentável, módulo tipo.

ABSTRACT

The purpose of this work is the development of a standard module, in which its constructive system conciliates the principals of modular construction, along with sustainable and efficiency concerns.

The standard module presents in its formulation the possibility of combining with other modules, allowing many architectural solutions and many options in terms of functionality. Its dimensions regard to the needs of comfort and use as a residence, but also seek ease in its transportation to the location.

The choice of materials and equipment to incorporate were based on many factors that reduce environmental impact, promote hydraulic utilization and reduce energy consumption.

The modular concept follows the project transversely, from its formulation and dimensioning to the combination of various modules. The assembly of the many elements intend to maximize the use of the material, attenuating waste and also reducing manpower time in the preparation of materials to incorporate.

The setting of various partnerships with Portuguese companies or companies operating in Portugal rendered possible a broad range of information and technical follow up, enabled the formulation of the project and its possibility of production with affordable production costs. The use of high quality and environment friendly materials and equipment offers efficiency results that safeguard construction demands that may occur in a near future.

The of the result of the work passes through the supply of four distinct products, one module “sails office”, one module “studio”, one module “one bedroom apartment” and one module “two bedroom apartment”. Their constructive versatility, reduce the visual impact and its environmental side allow their placement in protected and sensitive areas, but also offers the possibility of placement in countries who need quality of housing construction. The incorporation of existing materials on the

market, allow to set the price of constructions, ranging from 34.000,00€ and 110.000,00€, supportable values taking into account the gains of efficiency and sustainability of the project offers. The simplicity of the construction process and the chosen materials, allow further value the main part of materials at the end of design life. It is noteworthy; the modular construction results in reduced amounts of waste material and mostly materials can be used in building new base modules. Systems utilizing solar energy to produce hot water and energy, and use of system to use storm water and gray water, assigns a noticeable enhancement to the project on issues of sustainable construction. The use of natural insulation with the promotion of natural ventilation and heating with the use of biomass, allows to versatile product, environmentally friendly and with energy efficiency class of A+, thereby ensuring the comfort requirements and quality that modern societies require, but reducing significantly their level of environmental impact.

KEYWORDS

Modular construction, sustainable construction, standard module.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJECTIVOS	7
3. MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO	8
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
4.1. A evolução da arquitetura e construção em Portugal.....	10
4.2. A evolução e inovação da construção em Portugal no último século.....	13
4.3. Construção modular	15
4.3.1. História do surgimento e evolução da construção modular	15
4.3.2. Conceito de construção modular.....	18
4.3.3. Principais tipos de construção modular	19
4.3.4. Classificação de sistemas construtivos modulares	19
4.3.5. Projetos nacionais e internacionais de relevância em construção modular	21
4.4. Construção sustentável.....	27
4.4.1. Sustentabilidade e pegada ecológica.....	27
4.4.2. Desenvolvimento sustentável e construção sustentável	28
4.4.3. Sistemas de certificação da construção sustentável	32

4.4.4. Projetos de relevância em construção sustentável	34
4.5. Construção modular sustentável	37
4.6. Enquadramento da dissertação com as temáticas abordadas.....	40
5. APRESENTAÇÃO DO PROJETO TIPO.....	41
5.1. Motivações para a Elaboração do Estudo	41
5.2. Enquadramento Geral do Projeto	43
5.3. Fundações.....	45
5.3.1. Enquadramento	45
5.3.2. Solução adotada	49
5.3.3. Parcerias e materiais	51
5.4. Estabilidade	61
5.4.1. Enquadramento	61
5.4.2. Solução adotada	63
5.4.3. Parcerias e materiais	79
5.5. Cobertura Ajardinada	87
5.5.1. Enquadramento	87
5.5.2. Solução adotada	92
5.5.3. Parcerias e materiais	96
5.6. Caixilharias	101
5.6.1. Enquadramento	101
5.6.2. Solução adotada	112
5.6.3. Parcerias e materiais	116
5.7. Impermeabilização	122
5.7.1. Enquadramento	122
5.7.2. Solução adotada	125

5.7.3. Parcerias e materiais	130
5.8. Isolamento térmico e acústico	135
5.8.1. Enquadramento	135
5.8.2. Solução adotada	141
5.8.3. Parcerias e materiais	144
5.9. Revestimentos interiores	149
5.9.1. Enquadramento	149
5.9.2. Solução Adotada	158
5.9.3. Parcerias e materiais	165
5.10. Louças Sanitárias e Misturadoras.....	174
5.10.1. Enquadramento	174
5.10.2. Solução adotada	181
5.10.3. Parcerias e materiais	183
5.11. Climatização, Ventilação e Sombreamento	188
5.11.1. Enquadramento	188
5.11.2. Solução adotada	192
5.11.3. Parcerias e materiais	194
5.12. Instalações Hidráulicas e AQS.....	199
5.12.1. Enquadramento	199
5.12.2. Solução adotada	207
5.12.3. Parcerias e materiais	209
5.13. Instalações Elétricas, Iluminação e Equipamentos.....	215
5.13.1. Enquadramento	215
5.13.2. Solução adotada	221
5.13.3. Parcerias e materiais	223
5.14. Considerações técnicas diversas	228

5.14.1. Terras de escavação	228
5.14.2. Acabamentos Exteriores e Envolventes do Edifício	229
5.14.3. Soleiras, Pavimentos Exteriores e outros.....	229
5.14.4. Carpintarias e Mobiliário	229
5.14.5. Complementos de sombreamento	230
5.14.6. Rufos e caleiras	231
5.14.7. Caixas de visita	231
5.14.8. Orientação solar	231
5.15. Outras considerações.....	232
5.15.1. Plano de Gestão de Resíduos	232
5.15.2. Gestão e Fiscalização de Projeto	233
5.15.3. Variantes ao projeto	234
5.15.4. Eficiência Energética no Transporte Particular.....	234
6. RESULTADOS	235
6.1. Análise dimensional e material	235
6.2. Análise de custos.....	236
6.3. Desempenho Energético.....	240
7. DISCUSSÃO	242
8. CONCLUSÃO.....	244
8.1. Principais conclusões	244
8.2. Desenvolvimentos futuros.....	247
9. REFERÊNCIAS	249
9.1. Bibliografia	249
9.2. Documentos Eletrónicos	255
9.3. Endereços na <i>World Wide Web</i>	259

9.4. Bibliografia Complementar.....	263
ANEXOS	264
ANEXO 1 – FUNDAÇÕES.....	265
ANEXO 2 – ESTABILIDADE.....	266
ANEXO 3 – COBERTURA AJARDINADA.....	267
ANEXO 4 – CAIXILHARIAS	268
ANEXO 5 – IMPERMEABILIZAÇÃO	269
ANEXO 6 – ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO.....	270
ANEXO 7 – REVESTIMENTOS INTERIORES.....	271
ANEXO 8 – LOUÇAS SANITÁRIAS E MISTURADORAS	272
ANEXO 9 – CLIMATIZAÇÃO, VENTILAÇÃO E SOMBREAMENTO	273
ANEXO 10 – INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E AQS	274
ANEXO 11 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS	275
ANEXO 12 – CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS DIVERSAS	276
ANEXO 13 – DESEMPENHO ENERGÉTICO.....	277

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Taxa de crescimento anual (em %) do volume de negócios (Fonte: Banco de Portugal, 2014).	1
Figura 1.2 – Emissões de GEE (em %) em Portugal por setor de atividade (Fonte: Instituto do Ambiente, 2005).	3
Figura 1.3 – Organizações registadas no EMAS e verificadores acreditados, em Portugal (Fonte: REA, 2012).	3
Figura 1.4 – Organizações certificadas pela norma ISO 14001 e organismos de certificação acreditados pelo SPQ, em Portugal (Fonte: REA, 2012).	4
Figura 1.5 – Projeções do crescimento da população mundial entre 1950 e 2100 (Fonte: World Population Prospects – United Nations, 2013).	4
Figura 4.1 – Estação do Oriente, Torre de S. Gabriel e Pavilhão de Portugal (Fonte: Blogue Ethos e Fotos PT, 2012).	15
Figura 4.2 – Pirâmides do Egipto (Fonte: Illuminati – Tiles Experts, 2012).	16
Figura 4.3 – Pormenor e perspetiva em edifício da gaiola pombalina (Fonte: Fernandes, 2009).	17
Figura 4.4 – Palácio de Cristal (Fonte: Blogue Arquitetando, 2010).	17
Figura 4.5 – Conceito Dom-Ino (Fonte: Diário da wikipedista, 2010).	18
Figura 4.6 – Loft Cube (Fonte: Uncrate.com).	20
Figura 4.7 – Spacebox Eindhoven (Fonte: 50sA).	20
Figura 4.8 – Habitat 67 (Fonte: Rideronthe storm).	20
Figura 4.9 – Marmol Radziner Prefabb (Fonte: Inhabitat).	21

Figura 4.10 – Sistemas pré-fabricação (Fonte: Rotesma e Leirichapa).....	21
Figura 4.11 – Mobile Home (Fonte: Modular System).	22
Figura 4.12 – SIT Modular (Fonte: Casas Modulares, 2012).	22
Figura 4.13 – Granihouse (Fonte: Granifinas, 2010).....	23
Figura 4.14 – MOOD – Casas Modulares (Fonte: Casas Mood).....	23
Figura 4.15 – Sistema Modiko (Fonte: Teketo, 2012).....	24
Figura 4.16 – Spacebox (Fonte: Hypheness, 2010).	24
Figura 4.17 – Loft Cube (Fonte: Floornature, 2007).	25
Figura 4.18 – Crossbox (Fonte: Inhabitat, 2011).	25
Figura 4.19 – Mima House (Fonte: Portugal Confidencial, 2012).	26
Figura 4.20 – Marmol Radziner Prefab/Rincon (Fonte: Marmolradzinerprefab).	26
Figura 4.21 – Gráficos da capacidade biológica do planeta (Fonte: WWF, 2008).	28
Figura 4.22 – Princípio do Desenvolvimento Sustentável.....	29
Figura 4.23 – Ciclo de Vida simplificado de um empreendimento (Fonte: DGS).....	31
Figura 4.24 – Sonae Maia Business Center (Fonte: LEED Buildings on Waymarking.com).	34
Figura 4.25 – Colégio de Ciência da Computação e Engenharia de Construção da Universidade Florida Atlantic (FAU) (Fonte: Casa Viva, 2011).	36
Figura 4.26 – Eldorado Business Tower (Fonte: CTE, 2009).	36
Figura 4.27 – Casa Modular Treehouse (Fonte: Jular madeiras, 2010).	38
Figura 4.28 – Cork it All (Fonte: Anteprojectos, 2012).	38
Figura 4.29 – Cork it All (Fonte: Anteprojectos, 2012).	39
Figura 4.30 – Woodenquark (Fonte: Portilame, 2012).	39

Figura 5.1 – Esquissos do módulo tipo e das múltiplas configurações.....	44
Figura 5.2 – Soluções técnicas em estudo a partir de um módulo tipo.....	45
Figura 5.3– Energia utilizada na produção de cimento Portland e betão (Fonte: How Sustainable is concrete, 2004).....	46
Figura 5.4 – Produção glocal de CO ₂ (Fonte: 2.º Relatório de Sustentabilidade – CIMPOR, 2006).....	47
Figura 5.5 – Impacto ambiental de betão reforçado com varões de aço e perfil metálico (Fonte: How Sustainable is concrete, 2004).....	47
Figura 5.6 – Composição dos RCD (Fonte: Andrade, 2011).....	48
Figura 5.7 – Viga de fundação para receção do módulo tipo.....	50
Figura 5.8 – Relação dimensional entre a viga de fundação e os revestimentos finais.....	50
Figura 5.9 – Viga de fundação cotada.....	51
Figura 5.10 – Valores das cargas na combinação de estados limites últimos (Fonte: Frutuoso Sousa, 2013).....	53
Figura 5.11 – Secção e armadura da viga de fundação calculada (Fonte: Frutuoso Sousa, 2013).....	53
Figura 5.12 – UniLeve Estrutural (Fonte: Unibetão, 2011).....	55
Figura 5.13 – Características e propriedades do betão leve (Fonte: Unibetão, 2011).....	56
Figura 5.14 – Cofragem modulada Doka Framax Xlife (Fonte: Doka, 2007).....	58
Figura 5.15 – Aplicação do painel Doka Framax Xlife em fundações (Fonte: Doka, 2007).....	59
Figura 5.16 – Viga lamelada colada (Fonte: Matos&Companhia, 2013) e viga com banzo micro lamelada e alma em OSB (Fonte: Tekniwood).....	62

Figura 5.17 – Tipos de painéis de madeira (Fonte: Marques, 2009).	62
Figura 5.18 – Módulo tipo após a conjugação de todos os elementos modulares (apenas vigas lameladas coladas) e após a utilização de painéis OSB.	64
Figura 5.19 – Elementos modulares que constituem o módulo.	64
Figura 5.20 – Laje de pavimento constituída por vigas lameladas coladas.	65
Figura 5.21 – Laje de pavimento revestida a painéis de OSB.	66
Figura 5.22 – Laje de cobertura constituída por vigas lameladas coladas.	68
Figura 5.23 – Laje de cobertura revestida a painéis de OSB.	68
Figura 5.24 – Elemento de parede 1 e 2, constituída por vigas lameladas coladas.	70
Figura 5.25 – Elemento de parede 1 e 2 revestido a painéis de OSB.	71
Figura 5.26 – Elemento de parede 3 e 4, constituída por vigas lameladas coladas.	73
Figura 5.27 – Elemento de parede 3 e 4 revestido a painéis de OSB.	74
Figura 5.28 – Platibanda em viga lamelada para posteriormente receber OSB.	76
Figura 5.29 – Conjugação e ligação dos vários elementos modulares que constituem o módulo tipo.	78
Figura 5.30 – Pormenor de parede interior do módulo tipo.	79
Figura 5.31 – Vigas lameladas coladas MOSSER (Fonte: Multiplacas, 2012).	80
Figura 5.32 – Agepan OSB3 TAFIBRA (Madeivouga, 2011).	81
Figura 5.33 – Elementos pré-fabricados em madeira (Fonte: PORTILAME, 2012).	82

Figura 5.34 – Análise das vigas lameladas coladas do elemento de piso (Fonte: PORTILAME, 2013).....	83
Figura 5.35 – Análise das vigas lameladas coladas na ligação do elemento de cobertura com o elemento de parede (Fonte: PORTILAME, 2013).....	84
Figura 5.36 – Análise do conjunto de vigas lameladas que perfazem a ligação entre dois módulos (Fonte: PORTILAME, 2013).	85
Figura 5.37 – Análise das vigas lameladas coladas do elemento de cobertura (Fonte: PORTILAME, 2013).	86
Figura 5.38 – Marcação CE da gama de produtos de fixação (Fonte: Rothoblaas, 2012).....	87
Figura 5.39 – Esquema da reprodução da natureza nas coberturas (Fonte: Guia de planificação da empresa Zinco, 2012).	91
Figura 5.40 – Conjugação da cobertura ajardinada com o módulo tipo.	92
Figura 5.41 – Esquema construtivo da cobertura do módulo tipo.	93
Figura 5.42 – Esquema de rega em coberturas ajardinadas extensivas (Neoturf, 2012).....	96
Figura 5.43 - Pormenor construtivo da cobertura ajardinada.....	97
Figura 5.44 – Tela de separação e deslizamento TGV 21 (Fonte: Zinco – Netoruf, 2012).....	97
Figura 5.45 – Elementos de drenagem Floradrain FD 25-E (Fonte: Zinco – Netoruf, 2012).....	98
Figura 5.46 – Filtro sistema SF (Fonte: Zinco – Netoruf, 2012).	98
Figura 5.47 – Substrato técnico para Sedum – Landlab (Fonte: Landlab – Netoruf, 2012).	99
Figura 5.48 – Tapete de Sedum - Landlab (Fonte: Landlab – Netoruf, 2012).....	99

Figura 5.49 – Perfil de retenção de gravilha KL85 (Fonte: Zinco – Netoruf, 2012).	100
Figura 5.50 – Caixa de controlo e fiscalização KS12 (Fonte: Zinco – Netoruf, 2012).	101
Figura 5.51 – Evolução dos materiais utilizados na caixilharia ao longo do tempo (Fonte: Chaves, 2004).	105
Figura 5.52 – Quadro com o material ideal para a caixilharia (Fonte: Chaves, 2004).	105
Figura 5.53 – Performances térmicas da caixilharia (Fonte: Deleme Janelas).	107
Figura 5.54 – Esquema do ciclo de vida de uma caixilharia (Fonte: Caixiave).	107
Figura 5.55 – Esquema da produção de uma caixilharia de alumínio (Fonte: Caixiave).	108
Figura 5.56 – Esquema da produção de uma caixilharia de alumínio (Fonte: Caixiave).	109
Figura 5.57 – Esquema da produção de uma caixilharia de alumínio (Fonte: Caixiave).	109
Figura 5.58 – Consumo de energia e emissões de CO ₂ ao longo do ciclo de vida para todas as unidades de caixilharia. Solução de caixilharia com vidro duplo 4/12/4 (Fonte: Adaptado Caixiave).	110
Figura 5.59 – Ordem de importância dos componentes de caixilharia (Fonte: Deleme Janelas, 2012).	112
Figura 5.60 – Mapa de vãos localizados no módulo de parede de maior dimensão.	114
Figura 5.61 - Mapa de vãos localizados no módulo de parede de menor dimensão.	114
Figura 5.62 – Localização possível dos vãos relativamente ao elemento construtivo.	115
Figura 5.63 – Mapa comparativo dos perfis PRFV com soluções convencionais (Fonte: FWD, 2012).	117

Figura 5.64 – Constituição do perfil de caixilharia em fibra de vidro (Fonte: FWD, 2012).	117
Figura 5.65 – Esquema de funcionamento de uma linha de pultrusão (Fonte: FWD,2012).	118
Figura 5.66 – Características técnicas do perfil de fibra de vidro (Fonte: FWD, 2012).	119
Figura 5.67 – Propriedades mecânicas do PRVF face às soluções convencionais (FWD, 2012).	119
Figura 5.68 – Características técnicas do perfil de fibra de vidro (Fonte: FWD, 2012).	120
Figura 5.69 – Análise do ciclo de vida das caixilharias com fibra de vidro (Fonte FWD, 2012).	120
Figura 5.70 – Comportamento da caixilharia da série oscilo-batente (Fonte: FWD, 2012).	121
Figura 5.71 – Aplicação de membrana de impermeabilização no módulo.	127
Figura 5.72 – Pormenor construtivo da parede exterior.	127
Figura 5.73 – Disposição das membranas da DELTA e ripas em parede exterior (Fonte: Dorken, 2013).	128
Figura 5.74 – Difusão e impermeabilização das membranas da DELTA (Fonte: Dorken, 2013).	128
Figura 5.75 – Pormenor construtivo da impermeabilização da laje de pavimento e da viga de fundação.	129
Figura 5.76 – Aplicação da membrana de impermeabilização na cobertura e platibanda.	130
Figura 5.77 – Características técnicas DELTA-FASSADE PLUS (Fonte: Dorken, 2013).	132
Figura 5.78 – Exemplo prático da aplicação da membrana DELTA-FASSADE (Fonte: Dorken, 2013).	132
Figura 5.79 – Características técnicas DELTA-PROTEKT (Fonte: Dorken, 2013).	133
Figura 5.80 – Membrana DELTA-PROTEK (Fonte: Dorken, 2013).	133

Figura 5.81 – Características técnicas DELTA- THENE horizontal (Fonte: Dorken, 2013).	134
Figura 5.82 – Membrana DELTA-THENE (Fonte: Dorken, 2013).	135
Figura 5.83 – Transmissão de calor (Fonte: Cola da Web).	136
Figura 5.84 – Transmissão dos sons aéreos (Fonte: ESTT).	136
Figura 5.85 – Transmissão dos sons de percussão (Fonte: ESTT).	137
Figura 5.86 – Pormenor construtivo da parede com o	143
Figura 5.87 – Pormenor construtivo da parede com isolamento na caixa-de-ar.	144
Figura 5.88 – Aplicação de MDFachada (Fonte: Corticeira Amorim, 2009).	146
Figura 5.89 – Aplicação de aglomerado de cortiça expandida <i>Standard</i> (Fonte: Corticeira Amorim, 2012).	147
Figura 5.90 – Comportamento térmico do Isofloc (Fonte: Biohabitat, 2009).	147
Figura 5.91 – Aplicações do Isofloc (Fonte: Biohabitat, 2009).	148
Figura 5.92 – Cores possíveis do Isofloc (Fonte: Biohabitat, 2009).	149
Figura 5.93 – Exemplos de classes de uso dos revestimentos de pavimento (Gomes, 2012).	152
Figura 5.94 – Aplicação de autonivelante de coloração (Socimorcasa).	153
Figura 5.95 – Forra de parede com gesso cartonado e perfilaria (Divibérica, 2010).	154
Figura 5.96 – Quadro comparativo de uma tinta ecológica (Ecolux, 2010).	155
Figura 5.97 – Aplicação de estuque (Coutinho, 2002).	156
Figura 5.98 – Tetos falsos em quadrícula, painéis e lâminas metálicas (Fonte: Gabelex Saint-Gobain).	157

Figura 5.99 – Teto falso gesso cartonado moldado e contínuo (Divibérica, 2010).	157
Figura 5.100 – Teto falso em fibras naturais Celenit (Fonte: Ecoplace, 2012).	158
Figura 5.101 – Esquema de montagem do revestimento de pavimento.	159
Figura 5.102 – As duas tipologias tipo de instalações sanitárias.	160
Figura 5.103 – Disposição do cerâmico de parede nas instalações sanitárias.	162
Figura 5.104 – Disposição do cerâmico na tipologias de cozinha.	163
Figura 5.105 – Aplicação de papel de parede ecológico.	165
Figura 5.106 – Corkcomfort Fastconnect (Fonte: Corticeira Amorim, 2012).	166
Figura 5.107 – Gama de cores do cerâmico Projectos M20x20 (Fonte: RECER, 2012).	167
Figura 5.108 – Selo ECOCERAMIC da marca RECER (Fonte: RECER, 2012).	168
Figura 5.109 – Cimento cola Ultralite S1 e argamassa de betumação Ultracolor Plus (Fonte: MAPEI, 2013).	169
Figura 5.110 – Cooperações da Mapei com a GBC em países diversos (Fonte: MAPEI, 2013).	172
Figura 5.111 – Certificações do papel de parede ecológico (Fonte: Pó de Carmim, 2013).	173
Figura 5.112 – Colas Henkel para papel de parede (Fonte: Construlink).	174
Figura 5.113 – Relação entre a mortalidade infantil e a regulamentação do setor da água. (Fonte: RDH, 2006).	175
Figura 5.114 – Análise mundial do consumo de água potável e saneamento básico (Fonte: Diegues, <i>et al.</i> , 2010).	177
Figura 5.115 – Origem dos consumos de água (Fonte: Ecomeios).	178

Figura 5.116 – Comparação de consumos entre dispositivos e equipamentos (Fonte: Ferreira, 2009).....	178
Figura 5.117 – Exemplo de rotulagem WELL (Fonte: Miranda, 2012).....	180
Figura 5.118 – Rótulos da eficiência hídrica da ANQIP (Fonte: Miranda, 2012).	180
Figura 5.119 – Tipo de instalação sanitária para as tipologias modulares em estudo.....	182
Figura 5.120 – Cozinha tipo com equipamentos e mobiliário.....	183
Figura 5.121 – Organograma do grupo Sanindusa (Fonte: Sanindusa, 2013).....	184
Figura 5.122 – Louças sanitárias gama REFLEX (Fonte: Sanindusa, 2013).....	185
Figura 5.123 – Características técnicas da sanita Reflex (Fonte: Sanindusa, 2013).	185
Figura 5.124 – Características técnicas do bidé e lavatório 60 da Reflex (Fonte: Sanindusa, 2013).....	186
Figura 5.125 – Base de duche e banheira da gama Reflex (Fonte: Sanindusa, 2013).	186
Figura 5.126 – Misturadoras Ícone Eco e chuveiro Eko (Fonte: Sanindusa, 2012).	187
Figura 5.127 – Comportamento do débito das misturadoras Ícone Eco (Fonte: Sanindusa, 2012).	187
Figura 5.128 – Comportamento dos chuveiros Eko (Fonte: Sanindusa, 2012).....	188
Figura 5.129 – Ângulo de incidência solar nos edifícios durante as estações de Inverno e Verão (Fonte: Ganhão, 2011).	190
Figura 5.130 – Sistemas e equipamentos de climatização e ventilação (Fonte: Silva, 2011).	191
Figura 5.131 – Sistema de proteção do vão envidraçado realizando pala de sombreamento.....	192

Figura 5.132 – Possíveis localizações do módulo de equipamento de biomassa.	193
Figura 5.133 – Grelha Register to Fix n.º 4032/1 (Fonte: Renson, 2007).	194
Figura 5.134 – Sistema TC 60 (Fonte: Renson, 2007).	195
Figura 5.135 – Comportamento do sistema Cilium (Fonte: Renson, 2007).	196
Figura 5.136 – Salamandra Back Box – opção base (Fonte: Solzaima, 2013).	196
Figura 5.137 – Características técnicas da Salamandra Back Box (Fonte: Solzaima, 2013).	196
Figura 5.138 – Esquema de funcionamento do programa “Criar Bosques” (Fonte: Solzaima, 2013).	197
Figura 5.139 – Consumos e classes de eficiência dos recuperadores Solzaima (Fonte: Solzaima, 2013).	197
Figura 5.140 – Ciclo de carbono neutro (Fonte: Solzaima, 2013).	198
Figura 5.141 – Esquema funcional da rede de abastecimento de água (Fonte: Freitas, 2009).	200
Figura 5.142 – Esquema funcional da rede de águas pluviais (Fonte: Freitas, 2009).	200
Figura 5.143 – Esquema funcional da rede de drenagem de águas residuais (Fonte: Freitas, 2009).	201
Figura 5.144 – Sistema de circulação passiva por termossifão e circulação forçada (Ganhão, 2011).	204
Figura 5.145 – Distribuição do consumo de água numa habitação (Fonte: OLI, 2012).	205
Figura 5.146 – Diferencial de consumos de água mediante o equipamento (Fonte: Ecoágua, 2011).	206
Figura 5.147 – Sistema ECOWASTEWATER (Fonte: Ecoalcance, 2013).	206
Figura 5.148 – Pormenor do rodapé técnico para passagem da tubagem de abastecimento.	208

Figura 5.149 – Localização dos painéis solares com termossifão no módulo “T2”.....	209
Figura 5.150 – Condições de operação tubagem alfasuperflex (Fonte: Alfatubo, 2013).	211
Figura 5.151 – Gama Sistema Termossifão (Fonte: Vulcano, 2013).....	212
Figura 5.152 – Termoacumulador elétrico EasyAqua (Fonte: Vulcao, 2013).	212
Figura 5.153 – Sistema de aproveitamento de águas pluviais e cinzentas (Fonte: Ecoalcance, 2013).	213
Figura 5.154 – Cálculo do reservatório para módulo “T2” e “T1” – Viana do Castelo (Fonte: Ecoalcance, 2013).	214
Figura 5.155 – Cálculo reservatório para módulo “T2” e “T1” - Viseu (Fonte: Ecoalcance, 2013).	214
Figura 5.156 – Cálculo reservatório para módulo “T2” e “T1” - Faro (Fonte: Ecoalcance, 2013).	214
Figura 5.157 – Evolução da rede nacional de transporte de energia (Fonte: Cardoso, 2011).	216
Figura 5.158 – Origem da eletricidade (Fonte: EDP, 2013).	217
Figura 5.159 – Repartição dos consumos de eletricidade pelos diferentes usos finais (Fonte: ADENE, 2010).	218
Figura 5.160 – Etiqueta energética em eletrodomésticos (Fonte: ADENE, 2010).	219
Figura 5.161 – Painéis fotovoltaicos (ADENE, 2010).	219
Figura 5.162 – Mecanismo de conversão da energia do vento em energia elétrica (Ganhão, 2011).	220
Figura 5.163 – Pormenor do rodapé técnico para passagem da tubagem de eletricidade e alimentações.	222
Figura 5.164 – Localização dos painéis fotovoltaicos com no módulo “T2”.	223
Figura 5.165 – Instalação elétrica do módulo “T2” (Fonte: Barreiros Costa & Sampaio, 2013).	224

Figura 5.166 – Série Logus 90 e Linea (Fonte: EFAPEL, 2013 e EXPORLUX, 2013).	225
Figura 5.167 – Sistema de fixação dos painéis fotovoltaicos (Fonte: INTERSOL, 2013).	226
Figura 5.168 – Painéis fotovoltaicos Risen 245 Wp (Fonte: Renovus, 2013).	227
Figura 5.169 – Materiais constituintes do núcleo dos RC&D (percentagem de peso) (Fonte: Pereira, <i>et. al</i> 2004).	233
Figura 6.1 – Módulo “Estúdio” e sistema de conjugação dos vários elementos modulares.	235
Figura 6.2 – Diferencial entre os materiais adquiridos e necessários na construção do módulo “Estúdio”.	236
Figura 6.3 – Caracterização da parte opaca das fachadas no programa CYPE (Fonte: Cypeterm).	240
Figura 6.4 – Classificação energética do módulo “Estúdio” (Fonte: Cypeterm).	241

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 – Evolução da arquitetura e construção em Portugal.....	10
Tabela 4.2 – Evolução da arquitetura e construção em Portugal.....	11
Tabela 4.3 – Evolução da arquitetura e construção em Portugal.....	12
Tabela 4.4 – Processo operativo para a construção sustentável (Adaptado: Amado, 2007)	33
Tabela 5.1 – Cálculo dos consumos de betão e aço para a viga de fundação.....	57
Tabela 5.2 – Análise dos desperdícios das vigas na laje de pavimento.....	67
Tabela 5.3 – Análise dos desperdícios dos painéis de OSB na laje de pavimento.....	67
Tabela 5.4 – Análise dos desperdícios das vigas de laje de cobertura.....	69
Tabela 5.5 – Análise dos desperdícios dos painéis de OSB na laje de cobertura.....	70
Tabela 5.6 – Análise dos desperdícios das vigas nas paredes 1 e 2.....	72
Tabela 5.7 – Análise dos desperdícios dos painéis de OSB nas paredes 1 ou 2.....	73
Tabela 5.8 – Análise dos desperdícios das vigas nas paredes 3 e 4.....	75
Tabela 5.9 – Análise dos desperdícios dos painéis de OSB nas paredes 3 ou 4.....	76
Tabela 5.10 – Análise dos desperdícios das vigas na elaboração da platibanda.....	77
Tabela 5.11 – Altura de substratos mediante a localização e as respetivas cargas (Fonte: Neoturf, 2012).....	94
Tabela 5.12 – Materiais utilizados na produção de caixilharias.....	106

Tabela 5.13 – Tipos de humidade e sua proveniência.	123
Tabela 5.14 – Tipos de membranas de impermeabilização.	125
Tabela 5.15 – Isolamentos de origem natural.	138
Tabela 5.16 – Isolamentos de origem sintética.	139
Tabela 5.17 – Isolamentos de origem mineral.	140
Tabela 5.18 – Análise dos desperdícios gerados de aglomerado de cortiça expandida.	143
Tabela 5.19 – Análise do desperdício resultante da aplicação do pavimento FastConnect.	160
Tabela 5.20 – Desperdício de cerâmico em pavimentos da casa de banho para a primeira tipologia.	161
Tabela 5.21 – Desperdício de cerâmico em pavimentos da casa de banho para a segunda tipologia.	161
Tabela 5.22 – Desperdício de cerâmico em paredes da casa de banho para a primeira tipologia.	162
Tabela 5.23 – Desperdício de cerâmico em paredes de casa de banho para a segunda tipologia.	162
Tabela 5.24 – Desperdício de cerâmico em paredes e pavimento na cozinha do módulo “Estúdio”.	163
Tabela 5.25 – Desperdício de cerâmico em paredes e pavimento da cozinha no edifício “T1” e “T2”.	164
Tabela 5.26 – Sistema fotovoltaico contemplado no estudo (Fonte: Renovus, 2013).	226
Tabela 6.1 – Custo previsto para a realização de um módulo base (sem equipamentos).	237
Tabela 6.2 – Custo dos equipamentos no módulo “Posto de Vendas”.	237
Tabela 6.3 – Custo dos equipamentos no módulo “Estúdio”.	238
Tabela 6.4 – Custo dos equipamentos no módulo “T1”.	239
Tabela 6.5 – Custo dos equipamentos no módulo “T2”.	239

LISTA DE ACRÓNIMOS

AAC –	<i>Betão celular autoclavado</i>
ADENE –	<i>Agência para a Energia</i>
APA –	<i>Agência Portuguesa de Ambiente</i>
ANQIP –	<i>Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais</i>
AQS –	<i>Águas Quentes Sanitárias</i>
BEES –	<i>Building for Environmental and Economic Sustainability</i>
BEPAC –	<i>Building Environmental Performance Assessment Criteria</i>
BREEAM –	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
CASBEE –	<i>Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency</i>
CNUMAD –	<i>Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento</i>
CO ₂ –	<i>Dióxido de carbono</i>
COV –	<i>Compostos Orgânicos Voláteis</i>
DGEG –	<i>Direção Geral de Energia e Geologia</i>
EDP –	<i>Energia de Portugal</i>
EMAS –	<i>Eco-Management and Audit Scheme</i>
ETA –	<i>Estação de tratamento de água</i>
ETAR –	<i>Estação de tratamento de águas residuais</i>
ETICS –	<i>External Thermal Insulation Composite System</i>
EPBD –	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
EPS –	<i>Poliestireno expandido</i>
EU –	<i>European Union</i>
FAU –	<i>Florida Atlantic University</i>
FEUP –	<i>Faculdade de Engenharia do Porto</i>
FLL –	<i>Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau</i>
GEE –	<i>Gases do Efeito Estufa</i>
GBC –	<i>Green Building Challenge</i>

GBC –	<i>Green Building Council</i>
HQE –	<i>Haute Qualité Environnementale des Bâtiments</i>
INE –	<i>Instituto Nacional de Estatística</i>
INCI –	<i>Instituto da Construção e Imobiliário</i>
ISO –	<i>International Organization for Standardization</i>
LEED –	<i>Leadership in Energy & Environmental Design do United States Green Building Council</i>
LiderA –	<i>Sistema voluntário para Avaliação da Construção Sustentável</i>
LNEC –	<i>Laboratório Nacional de Engenharia Civil</i>
LWA –	<i>Grânulos de argila expandida</i>
MDF –	<i>Medium Density Fibreboard</i>
MOBI-e –	<i>Mobilidade Elétrica</i>
MW –	<i>Lã Mineral</i>
NABERS –	<i>National Australian Buildings Environmental Rating System</i>
NESDE –	<i>Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas</i>
OSB –	<i>Oriented Strand Board</i>
RCCTE –	<i>Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios</i>
RCD –	<i>Resíduos de construção e demolição</i>
REA –	<i>Relatório do Estado do Ambiente</i>
REN –	<i>Redes Energéticas Nacionais</i>
RGEU –	<i>Regulamento Geral das Edificações Urbanas</i>
RSA –	<i>Regulamento de segurança e acções para estruturas de edifícios e pontes</i>
SGA –	<i>Sistema de gestão ambiental</i>
TFT –	<i>The Forest Trust</i>
PEBD –	<i>Polietileno de baixa densidade</i>
PEAD –	<i>Polietileno de alta densidade</i>
PEX –	<i>Polietileno com formação de rede</i>
PF –	<i>Espuma rígida fenólica</i>
PGR –	<i>Plano de Gestão de Resíduos</i>
PIB –	<i>Produto Interno Bruto</i>
PIR –	<i>Espumas rígidas de poli-isocianurato</i>

PNAEE –	<i>Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética</i>
PNAER –	<i>Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis</i>
PRFV –	<i>Polímeros reforçados com fibra de vidro</i>
PP –	<i>Polipropileno copolímero</i>
PPR –	<i>Polipropileno randômico</i>
PUR –	<i>Espumas rígidas de poliuretano</i>
PVC –	<i>Policloreto de vinil</i>
PVC –	<i>Espumas rígidas de cloreto de polivinilo</i>
UF –	<i>Espuma de ureia-formaldeído</i>
USEPA –	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
WEEL –	<i>Water Efficiency Labelling</i>
WW –	<i>Placas de fibras de madeira mineralizadas e aglomeradas</i>
XPS –	<i>Poliestireno extrudido</i>

1. INTRODUÇÃO

Segundo o relatório do sector da construção civil, realizado pelo Instituto de Construção e do Imobiliário (INCI), Portugal registou no ano 2011, uma contração notória deste sector, Figura 1.1. Esta situação tende-se a agravar nos próximos anos, com as restrições existentes de acesso ao financiamento de mercado, bem como pelo início da aplicação do Programa de Assistência Económica e Financeira (INCI, 2011).

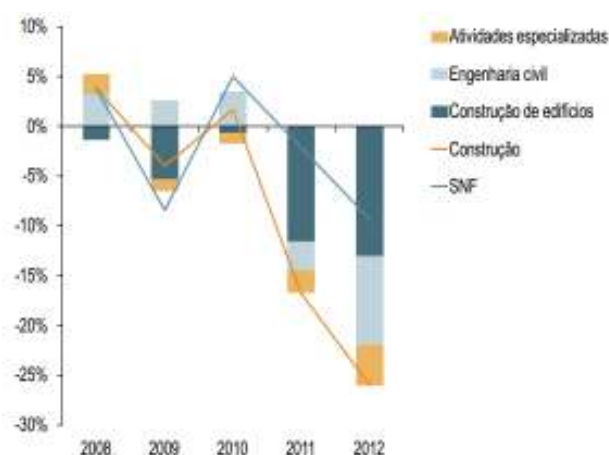


Figura 1.1 – Taxa de crescimento anual (em %) do volume de negócios (Fonte: Banco de Portugal, 2014).

A indústria da construção civil, é no entanto um dos sectores mais importantes na Europa, representando 28,1% e 7,5% do emprego, respetivamente na indústria e em toda a economia europeia. Sendo um sector tão importante e abrangente, este é responsável pela produção de 30% das emissões de carbono e regista um consumo de 42% de energia produzida ao nível do parque edificado (Torgal et al., 2007).

Segundo dados da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), os edifícios em Portugal consomem aproximadamente 30% da energia, no entanto com a implementação de medidas de eficiência energética este valor poderá ser reduzido em metade (ADENE, 2010). Um esforço realizado por Portugal nesse sentido, é o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) que estabelece metas

arrojadas na redução do consumo energético, sendo que na área Residencial e Serviços, integra três grandes planos:

- Programa Renove Casa - no qual são definidas várias medidas relacionadas com eficiência energética na iluminação, eletrodomésticos, eletrónica de consumo e reabilitação de espaços;
- Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios - que agrupa as medidas que resultam do processo de certificação energética nos edifícios, num programa que inclui diversas medidas de eficiência energética nos edifícios, nomeadamente isolamentos, melhoria de vãos envidraçados e sistemas energéticos;
- Programa Renováveis na Hora - que é orientado para o aumento da penetração de energias endógenas nos sectores residencial e serviços.

Apesar do abrandamento do sector da construção civil em Portugal, o impacto ambiental provocado, necessita de estratégias de controlo e mitigação. Torna-se necessário a elaboração de projetos cada vez mais arrojados, que valorizem a eficiência e redução de custos, de forma a oferecer novos produtos, mais atraentes, que combatam a tendência registada no sector. Os projetos que enquadrem estas preocupações, serão uma estratégia a seguir nos próximos anos, de forma a corresponder aos planos estratégicos europeus e mundiais.

Na Figura 1.2, é apresentado os valores de gases com efeito de estufa (GEE), referentes ao ano 2002, emitidos por setor de atividade em Portugal. É notório da análise do gráfico, que o setor da construção civil é um dos setores mais poluentes, sendo como tal urgente apostar na inovação construtiva com vista à eficiência, alteração de procedimentos construtivos e respetivos materiais em utilização, sendo que a construção sustentável representa um passo determinante nas políticas de redução da pegada ecologia e na diminuição dos GEE.

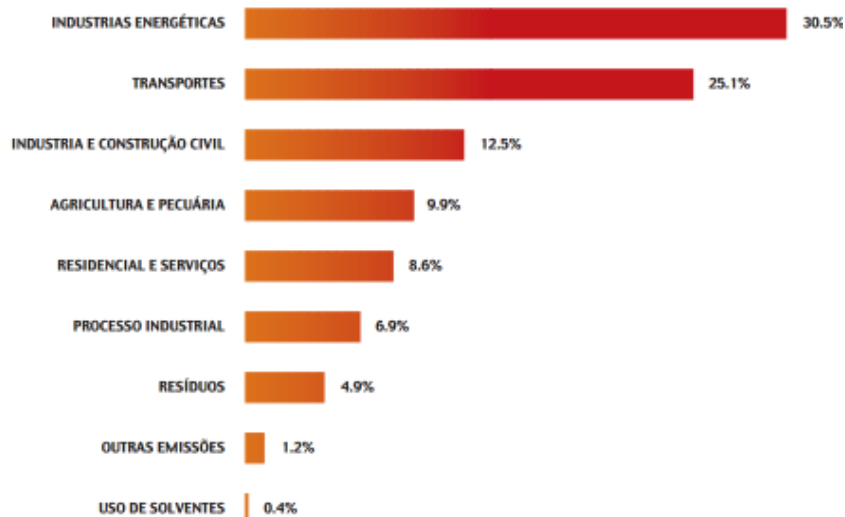


Figura 1.2 – Emissões de GEE (em %) em Portugal por setor de atividade (Fonte: Instituto do Ambiente, 2005).

Segundo o relatório do estado do ambiente (REA), Portugal, até ao final de 2011, registava 860 certificações ISO 14001, 68 organizações registadas no EMAS e 15 atribuições do Rótulo Ecológico da União Europeia a produtos e/ou serviços de 13 empresas diferentes, Figura 1.3 e Figura 1.4 (REA, 2012). Estes valores são uma aposta nítida das empresas na comercialização de materiais e equipamentos mais “verdes”, bem como na divulgação e melhoria das políticas ambientais, como sinal claro das estratégias de mercado em relação ao ambiente e a sua proteção.

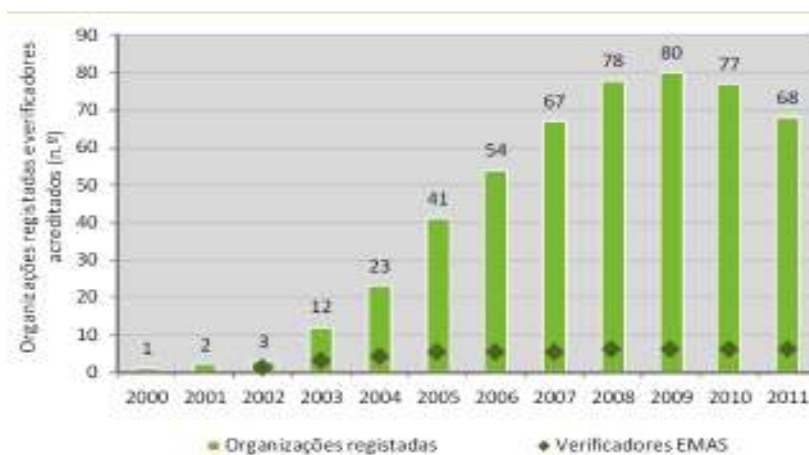


Figura 1.3 – Organizações registadas no EMAS e verificadores acreditados, em Portugal (Fonte: REA, 2012).

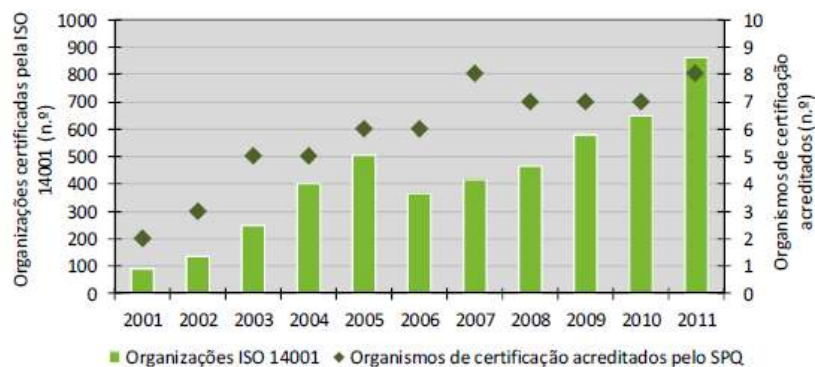


Figura 1.4 – Organizações certificadas pela norma ISO 14001 e organismos de certificação acreditados pelo SPQ, em Portugal (Fonte: REA, 2012).

Para além das questões económicas, é importante analisar que apesar de Portugal verificar na última década um continuado envelhecimento demográfico, como resultado das tendências de aumento da longevidade e de declínio da fecundidade (INE, 2009), o panorama em termos mundiais é de um crescimento acentuado.

Segundo a Figura 1.5, nos últimos dois séculos a população mundial aumentou de forma exponencial, prevendo-se que em 2050 a população atinja perto de oito biliões (Torgal *et al.*, 2007). Esse crescimento, ocorrerá na sua maioria nos países com baixos índices de desenvolvimento, o que irá acarretar um aumento de emissões e consumo de recursos, acentuando o impacto humano e a sua pegada ecológica.

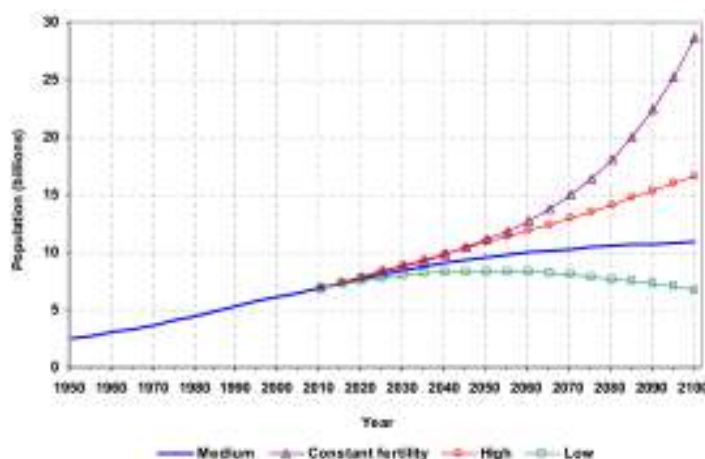


Figura 1.5 – Projeções do crescimento da população mundial entre 1950 e 2100 (Fonte: World Population Prospects – United Nations, 2013).

Nas próximas décadas, os governos mundiais serão obrigados a um enorme esforço na gestão dos seus recursos e na manutenção dos padrões de qualidade de vida das suas populações em crescimento. O estabelecimento de metas e programas de

redução das emissões e promoção da eficiência energética, são necessários para a preservação do nosso planeta.

Aliás, estas preocupações têm um longo histórico sendo necessário mencionar o protocolo "Nosso Futuro Comum", mais conhecido como a declaração *Brundtland*, publicado em 1987 pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento. Pode considerar-se este protocolo como ponto de partida para a necessidade atualmente aceite de um desenvolvimento sustentável, em que é necessária uma proteção do ambiente a longo prazo para que este, por sua vez, permita por si próprio o desenvolvimento económico. Segundo o relatório, uma série de medidas devem ser tomadas pelos países para promover o desenvolvimento sustentável (CMMD, 1991). Destacam-se as principais:

- Limitação do crescimento populacional;
- Garantia de recursos básicos (água, alimentos, energia) a longo prazo;
- Preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- Diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis;
- Aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- Controlo da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores;
- Atendimento das necessidades básicas (saúde, educação, habitação).

No âmbito internacional, as metas propostas são:

- Adoção da estratégia de desenvolvimento sustentável pelas organizações de desenvolvimento (órgãos e instituições internacionais de financiamento);
- Proteção dos ecossistemas supra-nacionais como a Antártica, oceanos, etc., pela comunidade internacional;
- Fim dos conflitos bélicos mundiais;
- Implantação de um programa de desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Algumas das outras medidas para a implantação de um programa minimamente adequado de desenvolvimento sustentável são:

- Uso de novos materiais na construção;

- Reestruturação da distribuição de zonas residenciais e industriais;
- Aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, como a solar, a eólica e a geotérmica;
- Reciclagem de materiais reaproveitáveis;
- Consumo racional de água e de alimentos;
- Redução do uso de produtos químicos prejudiciais à saúde na produção de alimentos.

A publicação deste relatório *Brundtland* desencadeou um processo de debate, que conduziu a que, no ano de 1989, as Nações Unidas convocassem uma "Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD)", no Rio de Janeiro, para Junho de 1992, iniciativa que foi célebre pelo plano de ação acordado por 150 países que é atualmente conhecido como agenda 21.

A construção sustentável, será portanto uma das respostas possíveis, melhorando a qualidade das nossas habitações, aumentando os níveis de eficiência e os padrões de conforto. O desenvolvimento de um projeto tipo, para habitação e serviços, tendo como linhas orientadoras a sustentabilidade e a eficiência, é portanto um tema emergente e de extrema importância. A conjugação de múltiplas possibilidades de materiais e equipamentos existentes no mercado, eleva o seu potencial enquanto produto, abrindo espaço a um novo nicho de mercado.

A conjugação da sustentabilidade construtiva com a construção modular, tem como objetivo a criação de múltiplas possibilidades arquitetónicas, rapidez na montagem e a standardização de processos, possibilitando a redução dos desperdícios e a poupança de mão-de-obra. Pretende-se comprovar que é possível construir utilizando sistemas simples modulares e funcionais, reduzindo assim o seu custo de execução. Incorporar ao mesmo tempo, materiais e equipamentos eficientes, que permitam reduzir os custos durante a utilização e manutenção, bem como minimizar o seu impacto nos recursos do planeta.

2. OBJECTIVOS

A elaboração desta dissertação, tem como principal objetivo o desenvolvimento de um projeto que englobe os conceitos da construção modular, contemplando os princípios da construção sustentável. Nesse sentido, todas as opções arquitetónicas, escolha de materiais e equipamentos, serão alvo de uma análise exaustiva, quer na sua versatilidade de execução, quer na proteção, eficiência e valorização ambiental. Esta dissertação pretende abordar os seguintes pontos:

- Elaboração de um projeto de construção modular, que possibilite uma variedade de escolhas e possibilidades arquitetónicas, através da utilização de um módulo tipo;
- Incorporação de materiais e soluções construtivas que apostem em materiais reciclados, naturais, de baixo gasto energético na sua produção, ou passíveis de serem reciclados no término da sua vida útil;
- Incorporação sempre que possível de produtos nacionais ou de empresas que operem em Portugal, potenciando a capacidade e qualidade do que se faz no nosso país;
- Conceção de um edifício com arquitetura arrojada, atendendo à importância da orientação solar, enquadramento com a paisagem, eficiência energética e aproveitamento hidráulico;
- Oferta de um produto que alie a qualidade construtiva e material, com as preocupações ambientais, como uma mais-valia para as gerações futuras;
- Escolha de soluções materiais e técnicas, que criem um equilíbrio entre a inovação e versatilidade, mas também economicamente viável e humanamente concebível, reduzindo os custos produção e de manutenção futura;
- Estudo e quantificação dos materiais incorporados e desperdiçados;
- Análise orçamental e níveis de eficiência do projeto.

3. MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO

Os procedimentos e metodologias aplicadas ao desenvolvimento da presente dissertação apresenta fases distintas, que se refletem na própria organização deste documento:

1.^a Fase: Revisão bibliográfica sobre a evolução da construção e sobre a temática da construção modular e da construção sustentável;

2.^a Fase: Definição do projeto a desenvolver, bem como os principais aspetos a incorporar e os objetivos a atingir com o estudo;

3.^a Fase: Criação de parcerias com entidades e profissionais das mais diversas especialidades, de forma a compilar o máximo de informação técnica;

4.^a Fase: Elaboração do projeto atendendo a todos os indicadores anteriormente mencionados, acompanhado das devidas justificações sobre as opções e escolhas dos materiais e equipamentos a incorporar;

5.^a Fase: Análise de custos e resultados de eficiência.

A primeira fase destaca-se das restantes, já que compreende uma pesquisa exaustiva em termos mundiais, sobre as várias abordagens realizadas ao nosso tema. O estudo recaiu na análise de dissertações, publicações, plataformas eletrónicas sobre as últimas vertentes na construção, entre outros. Para um melhor entendimento da área em estudo, foi estabelecida uma ponte de ligação entre a construção modular sustentável com a evolução do sector da construção em Portugal. Esta abordagem, permite ainda entender o surgimento e a caracterização de alguns conceitos em análise. A revisão bibliográfica aborda portanto os seguintes temas:

- A evolução da arquitetura e construção em Portugal;
- A evolução e inovação da construção em Portugal no último século;
- Construção modular;

- Construção sustentável;
- Construção modular sustentável;
- Enquadramento da dissertação com as temáticas abordadas.

A segunda fase, compreendeu a definição do projeto, bem como os parâmetros a analisar, e os resultados a atingir. Nesta fase, foram delineadas as estratégias a seguir, com especial destaque para a definição do conceito e tipologia base dos módulos, bem como a sua disposição e conjugação. Foram ainda definidos quais os parâmetros a respeitar na escolha dos materiais, dando especial importância às suas características técnicas, interligadas com a redução do impacto ambiental. Ao nível dos sistemas hidráulicos e rede elétrica a aposta recaiu em sistemas de montagem rápida e acessível, promovendo o reaproveitamento e eficiência.

Na terceira fase, foi realizado um conjunto vasto de contactos com empresas nacionais ou a operar no país. Essas parcerias, surgiram de forma a reunir informação técnica que permitisse a incorporação de materiais existentes no mercado, bem como possibilitar uma análise de custos. Apesar de este projeto ser um trabalho académico, esta dissertação pretende oferecer um produto exequível com materiais e produtos reais do sector.

Na quarta fase ocorreu a materialização do projeto, apresentando todas as opções técnicas, devidamente justificadas de forma a ir de encontro as preocupações da sustentabilidade e modularidade. Nesta fase foram tidas como linhas orientadoras os objetivos e parâmetros definidos na segunda fase.

A quinta fase foi elaborada uma análise dos custos e resultados obtidos ao nível da eficiência e versatilidade do módulo. Foram ainda abordadas as dificuldades conceptuais que surgiram na elaboração do projeto obrigando a algumas adaptações dos objetivos estipulados inicialmente.

A conclusão deste trabalho de investigação resulta num projeto de execução devidamente acompanhado de informação que sustenta as várias opções tomadas. A compilação técnica promove a standardização de processos construtivos, incorporando materiais amigos do ambiente e oferecendo um produto arrojado, que garanta os níveis de qualidade e conforto face às novas exigências de mercado.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. A evolução da arquitetura e construção em Portugal

Portugal ao longo da sua história, foi influenciado socialmente e materialmente pelos povos que foram habitando a região. Nas suas obras, deixaram os conhecimentos técnicos e materiais da altura, com relação direta às suas necessidades de proteção e defesa, cultura, comunidade e culto religioso. Para uma análise rápida e abrangente de quais os períodos históricos de maior relevância arquitetónica, torna-se necessário analisar a Tabela 4.1, Tabela 4.2 e Tabela 4.3 que sintetiza a evolução da arquitetura no edificado em Portugal até ao final do séc. XIX.

Tabela 4.1 – Evolução da arquitetura e construção em Portugal.





Período	Ano	Tipo de edificação	Edifício Tipo
Nativo	< Séc. II a.C.	Edifícios em granito de forma maioritariamente circular sem argamassa organizando-se em castros.	
Romano	> Séc. II a.C.	Construção de aquedutos, pontes, estradas, templos e teatros em pedra.	
Muçulmano	712 - 1249	Introdução da taipa e alvenaria de pedra, com utilização da cal branca em construção de mesquitas e palácios.	
Românico	1100 - 1230	Alvenaria de pedra, com paredes grossas e poucas aberturas, assemelhando-se a fortalezas.	

Tabela 4.2 – Evolução da arquitetura e construção em Portugal.

Período	Ano	Tipo de edificação	Edifício Tipo
Gótico	1230 - 1450	Alvenaria de pedra trabalhada com grande esplendor em igrejas e mosteiros.	
Manuelino	1490 - 1520	Alvenaria de pedra com decoração luxuriante, com motivos naturalistas. Aparecimento dos portais elaborados com colunas em espiral, vãos de porta e janelas muito trabalhados.	
Renascimento e Maneirismo	1520 - 1650	Exteriores sóbrios, contrapondo-se com interiores extravagantes decorados com azulejos e talha dourada.	
Arquitetura Chã	1580- 1640	Estrutura clara e robusta, com superfícies lisas e pouca decoração.	
Arquitetura da Restauração	1640- 1717	Período de transição para o barroco, com utilização de azulejo e espaços harmoniosos.	
Barroco	1717- 1755	Fachadas simples, edificação retangular e decoração contida com exceção do altar. Estilo caracterizador de algumas igrejas em Portugal.	

Tabela 4.3 – Evolução da arquitetura e construção em Portugal.

Período	Ano	Tipo de edificação	Edifício Tipo
Rococó	1726-1790	Arquitetura fortemente decorada, apostando nos contrastes de cores. Decoração naturalista, baseada em folhas de acanto e concheados.	
Estilo Pombalino	1755-1780	Estruturas flexíveis inseridas em paredes, pavimentos e coberturas, forradas posteriormente por materiais de construção pré-fabricada. Inserção das varandas com construção em altura com arcadas para lojas e cobertura em água furtada.	
Neoclassicismo	1780-fim do séc. XIX	Edificação simples, funcional, simétrica e com pouca decoração escultórica.	

Portugal viveu uma evolução na sua construção influenciada por períodos sociais e culturais que afetaram a Europa e o Mundo. Importante destacar o período dos descobrimentos onde o enriquecimento e as trocas comerciais, fomentaram a construção de edifícios ricos e de enorme requinte arquitetónico, com especial relevo nos locais de culto religioso e nas habitações da nobreza.

4.2. A evolução e inovação da construção em Portugal no último século

Nesta abordagem importa analisar o tipo de construção realizada em Portugal durante o séc. XX, onde ocorreram grandes evoluções em termos construtivos, que representam grande parte do edificado atual.

No início do século passado surgiu o período do revivalismo que se caracterizou como um período de modernização com a incorporação de novos materiais. *“No início de novecentos a cultura portuguesa, como aliás de um modo geral todo a cultura ocidental, debatia-se entre um desejo de modernização, que se apoiava numa crença otimista nas potencialidades da máquina, e uma nostalgia de passado ameaçado que desprezava esse presente em acelerada mutação”* (Tostões, 2004).

Importa salientar, que a construção realizada no início do séc. XX e que precede a introdução do betão, se caracteriza por uma construção de má qualidade. A gaiola pombalina, sistema aplicado a partir do terramoto de Lisboa de 1755, sofre neste período, um conjunto de alterações desastrosas, fragilizando a sua capacidade resistente. Surge a construção designada por gaioleiro, que é ainda caracterizada pela utilização de materiais de má qualidade e executados por mão-de-obra sem qualificação, para fazer frente à expansão dos centros urbanos. Grandes partes desses edifícios encontram-se atualmente em risco de derrocada, sendo os seus processos de reabilitação de difícil execução e estabilização (LNEC, 2005).

A implementação generalizada do betão a partir de 1960, marca uma mudança nesta situação, existindo um corte cada vez mais acentuado com as vertentes arquitetónicas dos séculos XVII e XVIII.

A construção realizada entre 1930 e 1940, incorpora uma estrutura mista de alvenaria e betão nos edifícios. Verifica-se uma redução do pé direito e a inserção de vigas em betão que promovem a abertura de vãos de maior dimensão ao nível do rés-do-chão. *“Por volta de 1930 dá-se o aparecimento do betão, que usado em lajes maciças substitui gradualmente os pavimentos de madeira nas cozinhas e casas de banho, em sacadas, elementos salientes como varandas. Finalmente, estende-se a todo o pavimento do piso. Estas lajes que descarregam diretamente sobre as paredes de alvenaria, asseguram um bom travamento horizontal”* (LNEC, 2005).

Entre 1940 e 1960 os edifícios caracterizam-se por possuir estruturas mistas em betão e alvenaria. Neste período surgem as estruturas porticadas de betão armado, com pavimentos constituídos por lajes maciças de betão armado. A Alvenaria dupla surge na periferia dos pórticos e as divisórias interiores são realizadas em alvenaria simples. *“Os edifícios de betão armado desta época com uma altura média de 6 a 8 pisos e último andar recuado apresentam exteriormente um aspeto maciço com muito pouca área reservada às janelas”* (LNEC, 2005).

A partir de 1960 os edifícios recentes passam a ser estruturalmente executados em betão. *“Com o aumento da altura e as exigências de resistência face às ações sísmicas aparecem os elementos verticais de rigidez elevada sendo as caixas de escadas e de elevadores os mais generalizados. Aparecem ainda paredes resistentes aplicadas principalmente em alguns troços das empenas”* (LNEC, 2005).

Até ao final do século XX, verifica-se uma evolução na construção bastante acentuada, com o surgimento de normas construtivas, aposta na formação, preocupações com o enquadramento urbanístico e as suas exigências funcionais, estudo das patologias na construção, elaboração de processos construtivos com a incorporação da pré-fabricação, entre outros. Verifica-se o aparecimento de obras em altura, com a incorporação de materiais modernos e arquiteturas arrojadas. O surgimento de uma nova vaga de jovens arquitetos e engenheiros portugueses, potenciou uma evolução relevante, que terá que dar provas nas obras a realizar durante o séc. XXI, com especial destaque para a reabilitação.

Um exemplo prático desta evolução construtiva, surge com a organização da exposição mundial em 1998, em Lisboa. A realização de edifícios com linhas arquitetónicas arrojadas e níveis de funcionalidade exigentes, coloca a arquitetura Portuguesa no panorama internacional, conforme evidenciado na Figura 4.1.

“Na Expo 98 (com Plano de Manuel Salgado), Portugal celebra-se pela primeira vez depois de 1940, e a arquitetura portuguesa mostra inequivocamente a sua competência e capacidade de realização” (Tostões, 2004).



Figura 4.1 – Estação do Oriente, Torre de S. Gabriel e Pavilhão de Portugal (Fonte: Blogue Ethos e Fotos PT, 2012).

4.3. Construção modular

4.3.1. História do surgimento e evolução da construção modular

Ao realizarmos uma pesquisa sobre a construção modular, existe sempre uma relação próxima com a temática da construção pré-fabricada. Apesar de ambos os temas se poderem complementar e conjugar, têm propósitos e características distintas, que importam ser abordados de forma separada.

A construção modular caracteriza-se pela normalização dimensional, repetição e estandardização de processos e materiais, com vista à melhoria e eficiência produtiva. Este princípio pode ser aplicado quer na construção tradicional, quer na construção industrial. A pré-fabricação surge associada a esta última, já que o que a distingue não é a normalização de processos ou o seu nível de organização, mas sim a ferramenta com que é realizada e a mecanização da produção (Fernandes, 2009).

A evolução tecnológica, material e dos próprios conceitos de engenharia, possibilitou a criação de metodologias de estandardização, com níveis de erro reduzidos e qualidade uniforme (Dolan, 1979).

Apesar do recurso ao módulo ser utilizado na construção desde a antiguidade, geralmente associa-se a construção modular à utilização de blocos normalizados que conjugados criam um determinado objeto (Patinha, 2011). No entanto, o grau de abrangência é muito superior, ganhando nova amplitude a partir da metade do século

XX, onde a aplicação de modelos padrão revolucionaram alguns aspetos da construção.

Alguns autores têm defendido que durante a antiguidade, o conceito modular foi implementado, por exemplo nas pirâmides do Egipto (dimensões dos blocos), Figura 4.2, ou no diâmetro dos pilares dos templos de culto gregos (Filho, 2007); (Bregatto, 2008).

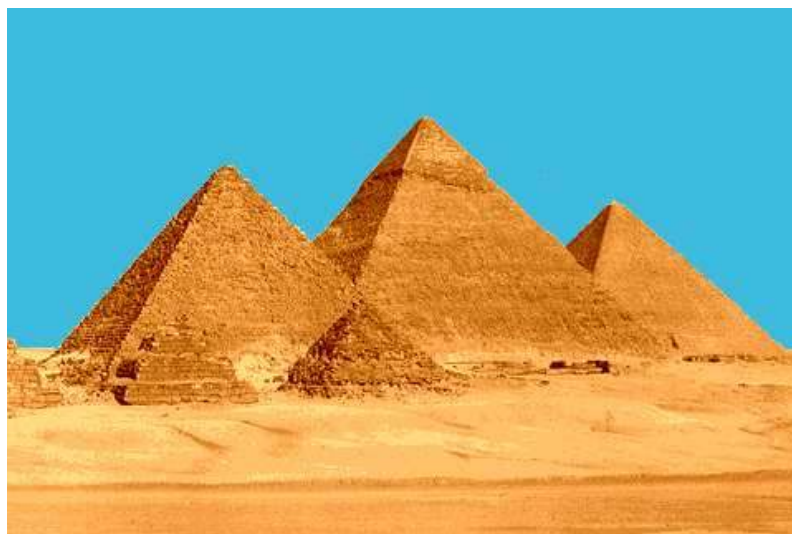


Figura 4.2 – Pirâmides do Egipto (Fonte: Illuminati – Tiles Experts, 2012).

Surgem ainda outros casos, nomeadamente no período romano com a normalização de alguns elementos construtivos ou divisões das cidades, bem como na construção japonesa com a utilização do *Ken* (Bregatto, 2008).

A padronização de alguns elementos construtivos em Portugal, surge com grande desenvolvimento e aplicação após o terramoto de Lisboa de 1755. “*A reconstrução da baixa pombalina caracteriza-se pela normalização de medidas, standardização de elementos repetitórios, racionalização da produção e sistematização da laboração*” (Fernandes, 2009).

No entanto, a normalização de processos não se restringiu ao processo de construção da gaiola pombalina e dos seus componentes, Figura 4.3. A utilização deste princípio foi muito mais abrangente, aplicando-se ao número de pisos a edificar, dimensões de vãos e cantarias associadas. A aplicação desta padronização, surge ainda na

reorganização urbana, com foco nas acessibilidades e na criação de quarteirões funcionais, devidamente enquadrados na nova malha urbana (Fernandes, 2009).

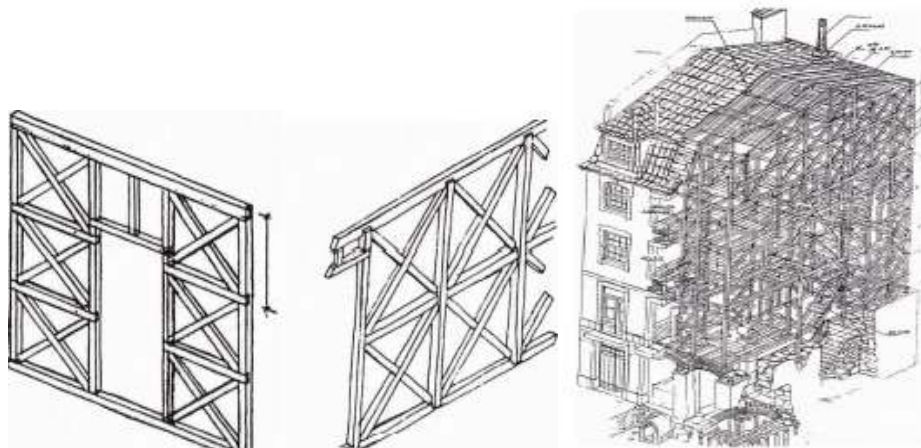


Figura 4.3 – Pormenor e perspectiva em edifício da gaiola pombalina (Fonte: Fernandes, 2009).

Com a revolução industrial, o desenvolvimento e o uso generalizado de maquinaria, potenciou a sistematização e padronização de alguns materiais e sistemas construtivos. Surgem os elementos pré-fabricados, que facilitam a montagem e a rapidez de execução, passando a estar interligados com a temática da modelação.

O palácio de cristal, Figura 4.4, projetado por Joseph Paxton e construído entre 1850 e 1851 para a exposição universal de Londres (Rosso, 1976), surge como um expoente máximo desta nova filosofia construtiva impulsionada pela industrialização. A incorporação de uma rede modular em placas de vidro, padronizados e construídos à escala industrial, promoveram a sua rápida construção, bem como a sua posterior desmontagem.



Figura 4.4 – Palácio de Cristal (Fonte: Blogue Arqitetando, 2010).

O sistema de construção deste palácio impulsionou a construção modular pré-fabricada a partir de metade do séc. XIX, com a construção de hospitais, estações de comboio, etc.

A partir dessa época, verificou-se um declínio da construção modular. O mercado norte-americano foi o grande impulsionar deste conceito, no entanto, as opções arquitetónicas e a qualidade construtiva eram bastante reduzidas (Ramos, 2007).

A partir da segunda metade do séc. XX, foram surgindo vários projetos que reavivaram o conceito da construção modular e da pré-fabricação, nomeadamente o conceito Dom-Ino, Figura 4.5, do Arquiteto Le Corbusier. Walter Gropius, para além de outros projetos, desenhou em 1932 a “casa ampliável”, onde incorporou o sistema de adição e acoplação de elementos volumétricos (Castelo, 2008). Atualmente o mercado de casas pré-fabricadas é o único representante do conceito modular associado à construção pré-fabricada (Filho, 2007).

Uma vez que o objetivo desta dissertação se baseia na criação de módulos padronizados, onde as ligações entre si permitem ampliar o edifício possibilitando múltiplas soluções arquitetónicas, ambos os conceitos acima mencionados, vão de encontro ao projeto desta dissertação.

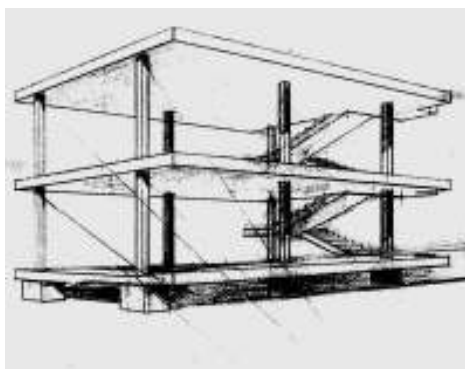


Figura 4.5 – Conceito Dom-Ino (Fonte: Diário da wikipedista, 2010).

4.3.2. Conceito de construção modular

Segundo Castelo (2008), o conceito da construção modular poderá ser entendido como:

(...) Uma metodologia, que visa criar uma dimensão padrão, que racionalize a concepção e a construção de edifícios, o que permite elevar o grau de industrialização da construção, mantendo no entanto a liberdade de concepção arquitectónica dentro de valores aceitáveis.”

Desta forma a construção modular procura a racionalização de materiais e processos, com a standardização dimensional, procurando a eficiência construtiva desde o fabrico até à sua montagem no local.

A construção modular, obriga portanto a um cuidado extremo desde a fase de projeto com a materialização da ideia, à produção dos elementos e à sua montagem. Quanto mais cuidadas forem estas fases, menor será o dispêndio de tempo na sua montagem, possibilitando um menor custo na sua produção/montagem.

4.3.3. Principais tipos de construção modular

A construção modular apresenta um largo número de sistemas construtivos e soluções materiais, podendo destacar-se os seguintes:

- Sistemas de construção com recurso a elementos pré-fabricados;
- Sistemas de construção por montagem, através de encaixes sucessivos;
- Sistemas em que os elementos estruturais são modulares e padronizados.

4.3.4. Classificação de sistemas construtivos modulares

Importa analisar algumas classificações existentes dos sistemas construtivos modulares, de forma a entendermos alguns princípios aplicados no projeto desta dissertação. A classificação utilizada, baseia-se no trabalho desenvolvido por Lawson (2007), que define os seguintes sistemas:

- Sistemas modulares fechados

Caracterizado pelo seu grau de pré-fabricação e padronização, existe pouco espaço a alterações de funcionalidade no seu interior, bem como à modificação do seu aspeto exterior. São geralmente módulos bastante uniformes que podem ser montados e acoplados promovendo algumas variações arquitetónicas de grande impacto, Figura 4.6 e Figura 4.7.



Figura 4.6 – Loft Cube (Fonte: Uncrate.com).



Figura 4.7 – Spacebox Eindhoven (Fonte: 5osA).

- Sistemas modulares parcialmente abertos

Sistemas que apenas diferem dos anteriores na sua interligação. Neste sistema, os módulos possuem aberturas, contactando entre si, possibilitando inúmeras ligações e opções de ampliação, Figura 4.8.



Figura 4.8 – Habitat 67 (Fonte: Riderontheform).

- Sistemas abertos

Módulos parcialmente ou totalmente abertos, sendo apenas compostos por sistemas verticais (pilares), laje de pavimento e cobertura, Figura 4.9.



Figura 4.9 – Marmol Radziner Prefabb (Fonte: Inhabitat).

- Sistemas construtivos de elementos modulares

São sistemas que não se baseiam na elaboração de módulos, onde o grau de pré-fabricação é bastante elevado, mas sim na padronização de vários elementos construtivos que se conjugam no local por sistemas de encaixe ou ligações previamente definidas, Figura 4.10.



Figura 4.10 – Sistemas pré-fabricação (Fonte: Rotesma e Leirichapa).

- Sistemas mistos ou híbridos

Sistemas que não se enquadram totalmente nos sistemas acima mencionados, partilhando várias soluções na elaboração do edifício.

4.3.5. Projetos nacionais e internacionais de relevância em construção modular

Neste item são analisados alguns projetos nacionais, que apresentam características inovadoras no contexto da construção modular, sendo apostas claras neste sector de mercado.

A Modular System lançou as mobile home, Figura 4.11, que são unidades habitacionais modulares e transportáveis, que seguem a lógica da modularidade aplicada à mobilidade. Trata-se de edifícios amovíveis, nos quais o espaço é aproveitado totalmente para assegurar o conforto. Este tipo de casa torna-se adaptável a qualquer tipo de contexto.



Figura 4.11 – Mobile Home (Fonte: Modular System).

A SIT Modular, Figura 4.12, trata-se de uma solução modular, produzida em betão pré-fabricado. Uma habitação permanente, constituída por dois módulos e dois pórticos, tendo uma área útil de 57,5 m² numa área total de 75,2 m². As vantagens deste tipo de habitação são: a possibilidade de aumento da área, a montagem limpa e prazos de execução rápidos, e ainda a resistência durabilidade e flexibilidade dos materiais e acabamentos utilizados.



Figura 4.12 – SIT Modular (Fonte: Casas Modulares, 2012).

A Granihouse Confort, Figura 4.13, é uma casa pré-fabricada com revestimento em granito. Com garantia de entrega num período de quatro meses é fornecida totalmente equipada com móveis de cozinha, forno, placa, exaustor, sanitários, redes elétrica, água e esgotos assim como os roupeiros dos quartos.



Figura 4.13 – Granihouse (Fonte: Granifinas, 2010).

A MOOD Casas Modulares, Figura 4.14, é uma estrutura composta por painéis metálicos, do tipo sandwich, com 50mm isolados térmica e acusticamente por poliuretano, formando paredes exteriores e sub-teto. Painéis, providos de encaixe próprio e aplicados dentro de perfis galvanizados do tipo U, constituem uma estrutura autoportante. A cobertura, em duas águas com pendentes livres, é executada em chapa metálica imitando a telha lusa de cor vermelha. Paredes interiores e tetos são revestidos a gesso cartonado pintado.



Figura 4.14 – MOOD – Casas Modulares (Fonte: Casas Mood).

O projeto Modiko, Figura 4.15, apresenta um conceito modular muito focado na pré-fabricação, com recurso a perfis em aço galvanizado enformados a frio. Os restantes componentes com materiais de vanguarda, são facilmente transportados e apresentam peso reduzido. Garantem facilidade na conjugação de módulos e níveis de excelência em termos de comportamento térmico/acústico e segurança contra incêndios.



Figura 4.15 – Sistema Modiko (Fonte: Teketo, 2012).

Ao nível de projetos internacionais que se enquadram no conceito da construção modular, particular destaque para o conceito Spacebox , Figura 4.16, devido à sua larga aplicação em alguns países europeus. É um conjunto de mini apartamentos com cozinha, wc, quarto, sala numa área de 18m². Criado pelo arquiteto Mart de Jong / De Vijf, pode ser facilmente transportada e instalada, competitivo em termos de preço pela facilidade de instalação e fabricação.



Figura 4.16 – Spacebox (Fonte: Hypeness, 2010).

O Loft Cube, Figura 4.17, com as dimensões exteriores de 6.60 por 6.60 metros, caracteriza-se por condensar todas as divisões numa só. Os seus amplos 36 metros quadrados interiores, compreendem não só um lounge, o quarto, como também a cozinha e a casa de banho. O telhado do Loft Cube não foi esquecido, albergando um jacuzzi com uma vista de 360°.

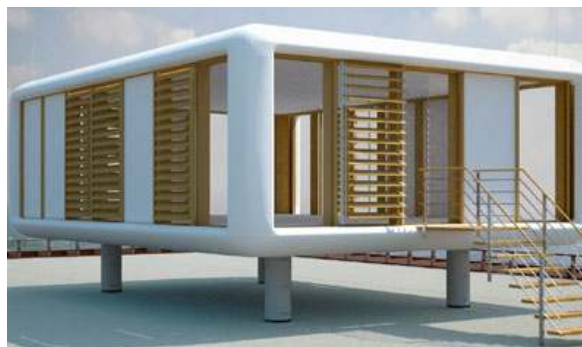


Figura 4.17 – Loft Cube (Fonte: Floornature, 2007).

O Crossbox, Figura 4.18, com construção com base em contentor pré-fabricado. É um protótipo da indústria tridimensional para a produção de uma casa modular. Destina-se a criar uma habitação de baixo custo, com sala de estar e zonas de serviços no piso térreo e equipado com três quartos ao nível do primeiro andar.



Figura 4.18 – Crossbox (Fonte: Inhabitat, 2011).

A MIMA House é um projeto de habitação que tem a capacidade de ser reconfigurado pelos proprietários ao nível do projeto e durante a sua utilização. As paredes interiores consistem em painéis leves que podem ser facilmente transferidos ou removidos por duas pessoas. Este projeto procura chegar a um produto acabado rápido de fabricar, fácil de montar, de boa qualidade e a preços acessíveis. A casa possui uma planta quadrada com as quatro fachadas quase idênticas, com linhas simples e modernas e apoios do telhado realizado nos cantos, permitindo paredes intermediárias inteiramente em vidro. O sistema de parede interior é composto de elementos que são agarrados entre si permitindo que os quartos possam ser expandidos ou reduzidos.



Figura 4.19 – Mima House (Fonte: Portugal Confidencial, 2012).

Marmol Radziner Prefab/Rincon, Figura 4.20, tem uma linha de edifícios de módulo único, projetado para uso como uma pousada, escritório ou casa de férias. Cada unidade chega completa com todos os acabamentos, eletrodomésticos, luminárias e armários.



Figura 4.20 – Marmol Radziner Prefab/Rincon (Fonte: Marmolradzinerprefab).

Dos projetos mencionados, importa referir que estes são relativamente recentes, o que reflete uma aposta clara neste sector, de forma a oferecer um produto versátil e com custos controlados. De salientar a existência de um conjunto alargado de empresas nacionais, que tem apostado em conceitos inovadores, quer pelos materiais incorporados, quer pelos sistemas de transporte e instalação.

4.4. Construção sustentável

Ao longo dos anos tem surgido grandes mudanças de mentalidade na sociedade civil, impulsionadas pelas organizações e iniciativas ambientais levadas a cabo em todo o mundo. A postura adotada pelos governos, bem como uma população mais instruída e com acesso à informação, tem tido um enorme impacto nessa alteração.

A construção civil, invariavelmente tem que assumir um papel de adaptação a estas novas exigências e preocupações. O acesso fácil à informação, permitiu que as pessoas fossem adquirindo conhecimentos sobre a legislação, sobre as necessidades de conforto, a qualidade construtiva e as necessidades de enquadramento urbano e paisagístico, aumentando dessa forma o grau de exigência das empresas imobiliárias e de construção. A construção sustentável será invariavelmente uma aposta de futuro, quer na preservação dos recursos naturais, na defesa do ambiente e do planeta, quer na obrigação de garantir um futuro sustentável para próximas gerações vindouras.

4.4.1. Sustentabilidade e pegada ecológica

Os primeiros passos dados neste tema ocorreram na Conferência das Nações Unidas para o Ambiente (ECO 92), que se realizou no Brasil em 1992. Nesta conferência foram aprovadas diversas convenções que passavam pela redução das emissões de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa, bem como pela inventariação dos animais e plantas em vias de extinção. Desta conferência surgiu a Agenda 21, onde se estabeleceram as metas e obrigações dos países na conservação e gestão dos recursos, bem como as suas formas de implementação (Lauria, 2007).

O conceito de pegada ecológica de Mathis Wachernagel e William Rees, “*Our Ecological footprint*” – Reducting Human Impact on the Eart (1996), estabelece a relação entre a área necessária para produção dos recursos utilizados e a área para acomodar os resíduos produzidos.

Com o processo da globalização cada vez mais presente, a pegada ecológica tem assumido um papel mais amplo, uma vez que as populações consomem recursos de zonas mais distantes, promovendo um crescimento mais acentuado da pegada ecológica à escala global.

Existem inúmeros estudos que comprovam a redução acentuada da capacidade biológica e de recursos do planeta. Esta degradação e consumismo elevado, deve-se ao estilo de vida das populações nos países evoluídos, mas também ao crescimento económico registado nos países emergentes. Na Figura 4.21, é notório o agravamento desta situação, principalmente no último quarto do séc. XX.

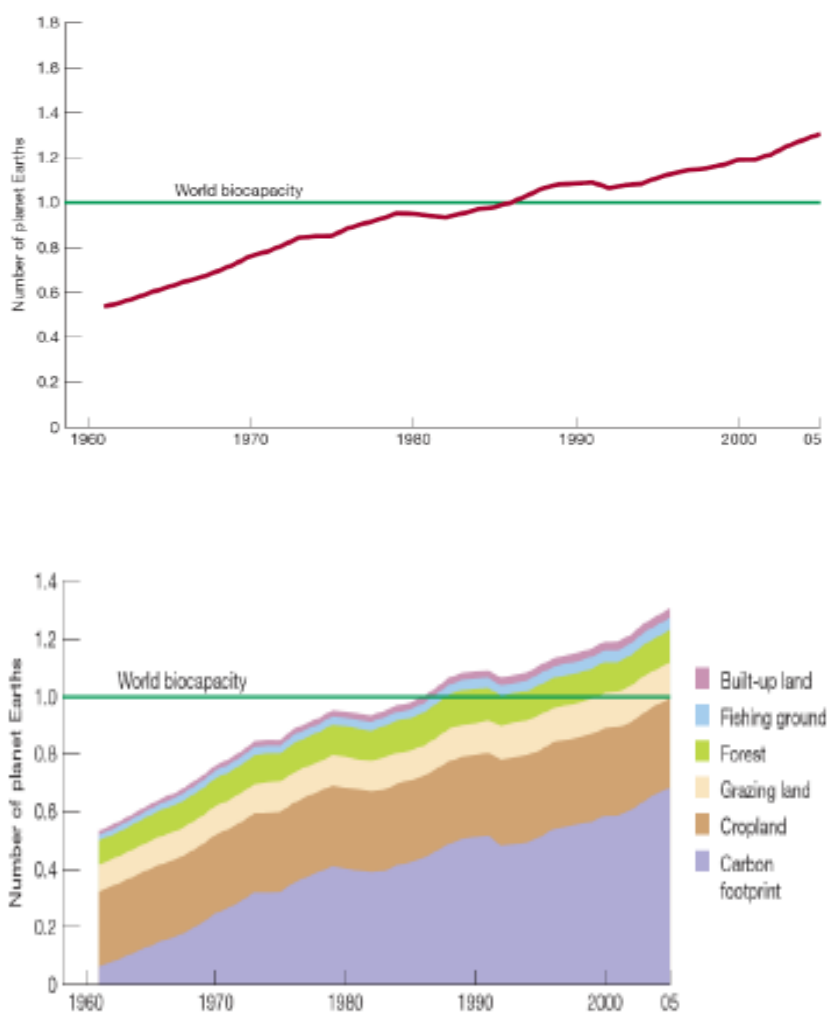


Figura 4.21 – Gráficos da capacidade biológica do planeta (Fonte: WWF, 2008).

4.4.2. Desenvolvimento sustentável e construção sustentável

O desenvolvimento sustentável tem como principais objetivos a manutenção dos ecossistemas, a preservação da diversidade genética e a utilização sustentável dos recursos. O objetivo passa por criar uma ponte de equilíbrio sobre o que agora consumimos, garantindo que as gerações futuras também possam ter acesso a esses recursos. Procura-se portanto, que a humanidade atinja um nível de desenvolvimento

enquadrado com a capacidade do próprio planeta (Lauria, 2007). O conceito de desenvolvimento sustentável, Figura 4.22, foi apresentado em 1987 pela Comissão Mundial do Ambiente criada em 1983 pela Assembleia Geral das Nações Unidas e que deu lugar ao relatório conhecido como *Brundtland* (Lauria, 2007). A construção sustentável surge em 1994, na Conferência Internacional sobre Construção Sustentável, em Tampa, Florida, pela mão de Charles Kibert, que a caracterizou como “a criação e o planeamento responsável de um ambiente construído saudável, com base na otimização dos recursos naturais disponíveis e em princípios ecológicos” (Ferreira, 2010).

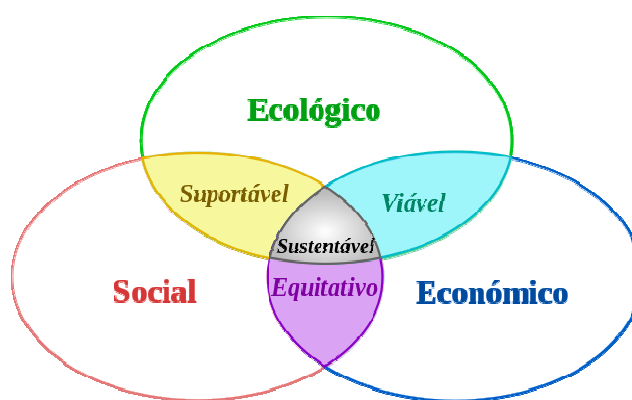


Figura 4.22 – Princípio do Desenvolvimento Sustentável.

Segundo Lauria (2007) as linhas mestras da construção sustentável assentam nos seguintes vetores:

- Aproveitamento dos recursos naturais;
- Gestão e economia de água;
- Eficiência energética;
- Gestão dos resíduos gerados pelos usuários;
- Criação de um bom ambiente interior;
- Conforto térmico e acústico.

Nestes últimos anos têm surgido importantes alterações na construção dos edifícios, dando-se maior importância a aspetos como a geometria e sistemas de fachada, orientação solar, melhoria dos isolamentos, aproveitamento solar para produção de águas quentes sanitárias (AQS) e energia elétrica e a utilização de materiais com menor impacto ambiental.

Têm surgido várias políticas e incentivos no uso de energias renováveis (solar, eólica, geotérmica, etc.), bem como no aproveitamento dos recursos hídricos, com a criação de sistemas de tratamento de águas negras e de reaproveitamento das águas cinzentas e pluviais. Ao mesmo tempo surgem equipamentos (louças sanitárias e misturadoras) que potenciam a eficiência dos sistemas.

A aposta na ventilação natural, bem como em sistemas de aquecimento mais eficientes tem sido outros dos sectores em grande desenvolvimento. A própria configuração dos imóveis tem sido alvo de grande estudo, conciliando de forma equilibrada a dimensão e orientação dos vãos exteriores, devidamente preparados com sistemas de sombreamento. A construção sustentável promove ainda a criação de políticas de utilização eficientes e sustentáveis, bem como a posterior reutilização e reciclagem de muitos sistemas e materiais após o fim da utilização do edifício.

“Alia aos objetivos clássicos de funcionalidade, segurança, economia e durabilidade, a preocupação com a menor utilização de recursos naturais (materiais, energia e água), incluindo a prevenção da geração de resíduos, reutilização e reciclagem, a maior utilização de energias renováveis (solar, eólica), a proteção do ambiente natural e a criação de um ambiente saudável e não tóxico.”
(WEIGERT).

Assim a escolha errada de algumas soluções técnicas e materiais, poderá ser determinante para que a sustentabilidade de um projeto seja colocada em causa. É necessário que as opções tomadas dos materiais tenham em atenção os seguintes indicadores:

- Ciclos de vida longos e com intervenções de manutenção reduzidas;
- Baixa toxicidade com emissões reduzidas ao longo da vida útil;
- Reduzido consumo de água e energia durante a sua produção e utilização;
- Posterior reaproveitamento ou reciclagem;
- Proximidade do empreendimento de forma a reduzir os custos de transporte e aplicação;
- Sustentabilidade do recurso natural, promovendo medidas de mitigação nos ecossistemas.

A Figura 4.23, ilustra o ciclo de vida de um empreendimento de forma simples e objetiva, mencionando as fases principais como sendo a elaboração do projeto, construção, utilização e demolição. De salientar que a problemática da sustentabilidade aplicada a um empreendimento estabelece e reforça níveis de interligação elevados, que não são usuais na construção convencional.



Figura 4.23 – Ciclo de Vida simplificado de um empreendimento (Fonte: DGS).

Existem algumas ferramentas no mercado que facilitam as escolhas dos materiais a incorporar em projetos deste tipo. Entre eles pode-se destacar a utilização do BEES (*Building for environmental and economic sustainability*) produzido nos Estados Unidos, pela United States Environmental Protection Agency (USEPA) (Torgal *et al.*, 2007), que contempla os seguintes impactos:

- Potencial de aquecimento global;
- Potencial de acidificação;
- Potencial de eutrofização;
- Consumo de combustíveis fósseis;
- Qualidade do ar;
- Alteração de habitat;
- Consumo de água;
- Poluição do ar;
- Saúde pública;
- Potencial de formação de smog;
- Potencial de degradação da camada de ozono;
- Toxicidade ecológica.

4.4.3. Sistemas de certificação da construção sustentável

De forma a serem verificados e analisados os parâmetros acima mencionados, foram sido criados vários sistemas de certificação da construção sustentável. Segundo Mateus (2012), os primeiros sistemas surgiram na Europa, com o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), enquanto nos Estados Unidos da América foi criado o sistema LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design do United States Green Building Council*). Estes dois sistemas são atualmente os mais difundidos e aplicados. Outros sistemas foram entretanto criados/desenvolvidos por diversos países no mundo, nomeadamente Portugal com o sistema LiderA (*Sistema voluntário para Avaliação da Construção Sustentável*) e o GBC (*Green Building Challenge*).

Também outros países do mundo criaram o seu próprio sistema de avaliação, como é o caso do Japão com o CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency), Austrália com o NABERS (National Australian Buildings Environmental Rating System), Canadá com o BEPAC (Building Environmental Performance Assessment Criteria) e a França com o HQE (Haute Qualité Environnementale des Bâtiments) (Mateus, 2012).

Importa referir que se têm desenvolvido alguns estudos na criação e elaboração de processos operativos, que definem fases e pontos a analisar de forma a definir o projeto como uma construção sustentável, entre eles destaque para o trabalho de Amado (2007).

Na Tabela 4.4, estão divididas as várias fases do método de avaliação, bem como os pontos a analisar. De salientar que este processo operativo aplica-se de forma transversal a todo o empreendimento, reforçando a importância de uma análise global e ampla.

Tabela 4.4 – Processo operativo para a construção sustentável (Adaptado: Amado, 2007)

Fases do Método	Pontos a analisar
Avaliação do projeto pretendido	<ul style="list-style-type: none"> - Definição dos fins em termos de uso; - Definição dos requisitos socioculturais; - Avaliação do conforto ambiental pretendido; - Avaliação energética para a maximização da eficiência.
Análise da envolvente	<ul style="list-style-type: none"> - Localização; - Orientação solar; - Ventos Predominantes; - Pluviosidade; - Características do ecossistema envolvente.
Projeto	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiência energética; - Qualidade do ar interior; - Sistema para diminuição do consumo de água potável; - Redução/reutilização de resíduos; - Conforto ambiental interior; - Segurança dos ocupantes; - Sistema construtivo que permita alteração do espaço interior; - Acessibilidades; - Serviços; - Transportes alternativos.
Construção	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do impacto na envolvente; - Controlo/otimização de materiais; - Seleção de materiais mais ecológicos e de fábricas localizadas mais perto do local da obra; - Plano de higiene e Segurança no estaleiro.
Exploração	<ul style="list-style-type: none"> - Manual do utilizador; - Lista de materiais utilizados/lista de fornecedores; - Sinalética de emergência e de uso para determinados equipamentos.
Monitorização	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliar a eficiência do edifício em períodos de tempo pré-definidos; - Comparação entre vários períodos; - Correção em caso de mau funcionamento.
Desconstrução	<ul style="list-style-type: none"> - Manual de procedimentos; - Listagem de materiais a reciclar, a reutilizar e a eliminar; - Riscos no procedimento.

4.4.4. Projetos de relevância em construção sustentável

São agora aqui analisados alguns projetos que no contexto da construção sustentável, se apresentam como exemplos de aposta na inovação e vão de encontro aos princípios que caracterizam este tipo de construção.

Quando realizamos uma análise a projetos nacionais de relevo, o Sonae Maia Business Center, Figura 4.24, apresenta-se como o primeiro edifício em toda a Península Ibérica, a receber a Certificação LEED de nível “Gold”. O projeto foi orientado para garantir um ambiente interior de excelência, nomeadamente ao nível da qualidade do ar e conforto térmico e, simultaneamente, minimizar impactos ambientais, tais como os resultantes do consumo de energia e água, da utilização de materiais de construção e da geração de resíduos.



Figura 4.24 – Sonae Maia Business Center (Fonte: LEED Buildings on Waymarking.com).

Como características específicas do edifício salientam-se as seguintes:

- Aquecimento e arrefecimento garantidos por calor excedentário de um processo industrial de geração de eletricidade;
- 50% de redução no consumo de energia para iluminação (controlo do sistema de iluminação em função das condições de luz natural e de ocupação);
- Cobertura equipada com uma espessa camada de isolamento térmico e revestida com uma “tinta fria”, que reduz o seu aquecimento sob a intensa radiação solar dos dias de Verão;
- Ajuste do caudal de ar exterior insuflado à ocupação dos espaços e recuperação da energia do ar exaurido para pré-condicionamento do ar insuflado;

- Cerca de 40% de redução de consumo de água potável (descargas sanitárias totalmente abastecidas com águas reutilizadas provenientes de lavatórios e chuveiros);
- 95% de redução nos caudais de escoamento pluviais em caso de chuvada forte (minimizando o risco das inundações ligadas ao excesso de impermeabilização dos solos urbanos);
- 90% da água pluvial descarregada na rede com tratamento prévio (evitando a contaminação dos cursos de água);
- 95% das madeiras provenientes de florestas geridas de forma sustentável (madeiras com certificação FSC ou PEFC);
- 90% dos resíduos de construção reaproveitados ou reciclados;
- 95% dos colaboradores com luz natural e vista para o exterior;
- 100% das tintas, colas, vedantes e alcatifas com muito baixo teor de produtos químicos nocivos;
- Extensão das condutas de extração do ar para garantir que o ar exaurido não é novamente aspirado para o interior do edifício;
- Filtros de elevada eficiência para limpeza do ar insuflado;
- Espaço pressurizado para evitar a passagem de ar poluído dos parques de estacionamento para o interior do edifício;
- Estacionamento prioritário para automóveis “eco-eficientes”;
- Autocarro dedicado ligando o edifício às estações de metro mais próximas (+ambiente11, 2010).

A nível internacional podemos destacar o Colégio de Ciência da Computação e Engenharia de Construção da Universidade Florida Atlantic (FAU), Figura 4.25, que foi o primeiro a receber o certificado LEED Platinum, no estado da Flórida. Foi adotado a utilização de forros refrigerados, bem como poços geotérmicos, a fim de regular a temperatura no edifício de cinco andares. O prédio tem a fachada orientada para minimizar os ganhos de calor e reduzir os custos de energia. O design do edifício tira proveito da envolvente. A luz solar ilumina os laboratórios e também aquece a água do prédio. A vegetação nativa foi usada ao redor da construção para fomentar a biodiversidade das plantas e animais ao redor da escola. Criação de pântanos e lagoas para retenção de água (Casa Viva, 2011).



Figura 4.25 – Colégio de Ciência da Computação e Engenharia de Construção da Universidade Florida Atlantic (FAU) (Fonte: Casa Viva, 2011).

De salientar ainda o Eldorado Business Tower, Figura 4.26, que foi o primeiro empreendimento certificado LEED Platinum em toda a América Latina e o oitavo no mundo. O empreendimento com uma área construída de 128.645 m², num terreno de 10.379 m², é composto por 32 pisos, 4 níveis de cave (1.805 lugares), um edifício garagem tem 7 pisos, um centro de convenções e heliporto.



Figura 4.26 – Eldorado Business Tower (Fonte: CTE, 2009).

Tem várias preocupações sustentáveis na sua concepção, nomeadamente poupança de energia, local da implantação, uso racional da água, utilização de materiais sustentáveis, etc. Como principais características podem destacar-se as seguintes:

- 33% de economia no consumo de água potável, comparado ao padrão norte-americano;
- 100% de economia de água potável para irrigação;
- 18% de economia no consumo de energia;
- 74% de todos os resíduos gerados na obra não foram colocados em aterro;

- 30% de todo material empregado é de origem reciclada;
- 50% de todo material adquirido é de origem local;
- 95% de toda madeira certificada pelo FSC (Forest Stewardship Council);
- 25% de redução do volume de descarga de água lançada na rede pública durante as chuvas.

Os vários edifícios apresentados receberem a certificação segundo o sistema LEED, abordado no subcapítulo 4.4, que é um sistema de certificação e orientação ambiental criado pelo United States Green Building Council, sendo a certificação de maior reconhecimento internacional e o mais utilizado em todo o mundo. Os projetos acima mencionados destacaram-se, dado o seu nível de eficiência e aproveitamento de recursos, com especial relevo para os sistemas de climatização, aproveitamento de águas e energia elétrica.

Atualmente o edifício Sonae Maia Business Center, apresenta-se como o expoente máximo deste tipo de construção em Portugal, sendo um exemplo da capacidade e da aposta do tecido empresarial nesta nova forma de construir e projetar.

4.5. Construção modular sustentável

Na elaboração destas metodologias de pesquisa, foram anteriormente abordados de forma distinta os princípios da construção modular e da construção sustentável.

Ambos os temas encontram-se em forte desenvolvimento e estudo, uma vez que as necessidades sociais e ambientais, elevaram a fasquia da qualidade e da eficiência a parâmetros que anteriormente não existiam. A conjugação destes dois princípios, tem sido ainda pouco explorada, já que as estruturas modulares com base na pré-fabricação, tem focalizado essencialmente esforços na standardização de elementos metálicos ou de betão. Tem sido dado especial ênfase à velocidade com que se executa o edifício e não ao tipo de materiais utilizados ou na criação de sistemas mais eficientes.

Serão aqui analisadas algumas empresas e projetos que dentro do contexto da construção modular sustentável representam pontos de relevância quer pela inovação quer pela aposta neste sector de mercado.

A empresa Jular, lançou a casa modular Treehouse, Figura 4.27, desenvolvida a partir de um conceito inovador, que pretende aliar design, modularidade, rapidez e sustentabilidade. A escolha da madeira como material base de construção é a opção certa para alcançar estes objetivos.



Figura 4.27 – Casa Modular Treehouse (Fonte: Jular madeiras, 2010).

A Cork it All, Figura 4.28, é um projeto final do Mestrado em Design Industrial da FEUP. Obteve a participação de várias empresas, através de consultoria, recursos materiais e apoio técnico. Destaca-se a rotulagem eco, por ser um produto cem por cento sustentável constituído por desperdícios de cortiça de origem agrícola e industrial.



Figura 4.28 – Cork it All (Fonte: Anteprojectos, 2012).

A Dwell homes, Figura 4.29, desenvolvido pela Marmol Radziner Prefab, é um edifício moderno com construção simplificada através de sistemas de pré-fabricação, design simples e elegante. Possibilidade de construção até dois andares combinando os benefícios dos materiais amigos do ambiente.



Figura 4.29 – Cork it All (Fonte: Anteprojectos, 2012).

A Woodenquark, Figura 4.30, desenvolvido pela empresa Portilame, é um projeto modular de custos controlados e estética arrojada que permite a sua evolução e adaptação. Apresenta uma estrutura constituída por madeira, reforçando a sua vertente eco, com sistemas construtivos simplificados que permitem a sua rapidez de montagem.



Figura 4.30 – Woodenquark (Fonte: Portilame, 2012).

4.6. Enquadramento da dissertação com as temáticas abordadas

Uma vez que a dissertação aborda a elaboração de um projeto de um edifício modular sustentável, é importante caracterizar quais os princípios base deste trabalho, devidamente interligados com os conceitos abordados anteriormente e existentes a nível mundial.

Assim sendo, esta dissertação foca-se na elaboração de um edifício de conjugação e ampliação, através da adição de módulos, no seguimento dos princípios estabelecidos por Walter Gropius, que desenhou em 1932 a “casa ampliável” (Castelo, 2008). O sistema modular elaborado com princípios de pré-fabricação, caracteriza-se por ser parcialmente aberto, dada a sua interação entre módulos.

À semelhança do projeto desenvolvido na FEUP, “Cork kit All”, a elaboração deste projeto conta com a colaboração e parceria de várias empresas e profissionais de diversas áreas. Exemplo dessa parceria, é a colaboração prestada pela Empresa Portilame, no dimensionamento dos módulos e na incorporação de alguns conceitos já aplicados no projeto Woodenquark, mencionado acima.

A arquitetura do módulo tipo, parte de um projeto desenvolvido pelos Arquitetos Mónica Oliveira e Jorge Brito, com a designação M2ECO. Esta dissertação utiliza o conceito base, adicionando uma componente de sustentabilidade de maior amplitude, que contempla a seleção dos materiais, passando pela estrutura base, até à escolha dos equipamentos que promovam a sustentabilidade do conjunto.

Importa mencionar a semelhança com alguns projetos já existentes, quer em termos de conceito sustentável, quer em termos arquitetónicos, sendo o caso do projeto Treehouse da Empresa Portuguesa Jular, bem como dos projetos CrossBox, Spacebox e casa Z6 a nível internacional. Destaque para a casa Z6, de Santa Mônica, Califórnia, onde a filosofia do projeto passa por tentar alcançar níveis zero em seis fatores, zero resíduos, zero energia, zero água, zero carbono, zero desperdício e zero emissões diversas. O método construtivo apenas produz um décimo de resíduos normalmente gerados na construção de habitação familiar. Para esse processo contribui a pré-fabricação, através de montagem modular em fábrica, sendo a sua montagem no local de apenas 13 horas.

5. APRESENTAÇÃO DO PROJETO TIPO

5.1. Motivações para a Elaboração do Estudo

A riqueza arquitetónica do nosso país, conciliada com a qualidade da engenharia que se pratica em Portugal, coloca um patamar de exigência muito elevado sobre os jovens profissionais. É um facto que os níveis de consumo das sociedades modernas, têm um impacto muito negativo, face à capacidade de regeneração do nosso planeta. Esta situação é mais preocupante quando assistimos às políticas de crescimento dos países emergentes, onde a poluição é diretamente proporcional.

O consumo de recursos e energia que o nosso parque edificado representa torna urgente a necessidade de serem encontradas alternativas de oferta de materiais/sistemas construtivos amigos do ambiente, que reduzam significativamente os valores registados, promovendo a eficiência e oferecendo níveis satisfatórios de conforto. Uma vez que esta problemática não se restringe apenas a Portugal, é também necessário que os países com maior capacidade de investigação e corpos técnicos especializados, promovam as mesmas políticas nos mercados internacionais, principalmente nos países que necessitam de habitação condigna.

A preocupação crescente na criação de reservas e zonas protegidas para a preservação do nosso património ambiental, coloca o desafio de criar estratégias que permitam o acesso a esses locais, reduzindo ao máximo a destruição da fauna e flora do local. Esta necessidade ganha uma especial importância ao nível do edificado construído no local, para as atividades de apoio e logística.

Nesse sentido, a formulação deste projeto tem como objetivo colmatar uma necessidade de mercado ao oferecer um produto com custos controlados, incorporando materiais de grande qualidade e que possa também ser implementado no mercado internacional. A utilização de processos construtivos simples, permite a redução da possibilidade de erros na construção e potencia a velocidade construtiva em caso de fabricação em série. A sua configuração estética reduz o impacto visual mesmo em locais sensíveis ou reservas ecológicas, permitindo serem ótimos

produtos de apoio a turistas ou grupos de investigação. Uma das motivações passou também por oferecer um produto que seja verdadeiramente um produto de construção sustentável, promovendo a eficiência de forma a contrariar a tendência construtiva convencional, oferecendo outras possibilidades de escolha ao cliente final. Nesse sentido, todos os sistemas incorporados, tentam reduzir os consumos de água e o consumo energético. São utilizados sistemas que promovem a ventilação natural e o aproveitamento da luz natural, sendo que o aquecimento recorre a sistemas eficientes de biomassa. De salientar ainda a produção de oxigénio e consumo de CO₂ através da cobertura ajardinada, reforçado por uma escolha cuidadosa e pormenorizada dos materiais e isolamentos utilizados.

Aquando da escolha dos materiais, foram elaboradas visitas a um conjunto alargado de empresas, para conhecer os seus produtos ao nível das características técnicas, bem como compreender as limitações na sua aplicação e utilização. Estas visitas e posterior acompanhamento técnico, permitiu aprofundar os conhecimentos sobre estes materiais, facilitando os estudos comparativos realizados para apoio às tomadas de decisão, que seguem mencionadas abaixo por especialidades. Todos os materiais utilizados, foram minuciosamente escolhidos, atendendo a três critérios fundamentais:

- Comercialização por empresas nacionais, que possuam políticas ambientais alargadas e cujo custo de aquisição seja competitivo;
- Qualidade técnica do produto, durabilidade e possibilidade de ser reutilizado ou reciclado;
- Reduzido consumo energético na sua formulação, ou incorporação de materiais reciclados.

Quando se procedeu à formulação do módulo, foi tida especial preocupação na redução ao mínimo os desperdícios de materiais, não só dos elementos estruturais de base (vigas lameladas e painéis OSB), mas também na sua conjugação e ligação dos vários elementos modulares mais simples. A escolha sobre os revestimentos interiores, foi ainda matematicamente formulada para que o desperdício em alguns casos fosse próximo de zero. Situação semelhante aconteceu ao nível dos

revestimentos exteriores, onde foram elaboradas tabelas discriminadas entre o material consumido, o material adquirido e o material sobranete.

Aquando do dimensionamento estrutural, este foi cuidadosamente acompanhado, de forma a serem criadas alternativas de reforço, com aumento da secção de vigas ou a redução dos vãos de passagem entre módulos. A visita às unidades fabris, foi neste caso em especial determinante, para o conhecimento dos sistemas de fixação e ligação atualmente praticados.

A pesquisa alargada de produtos foi determinante na resolução de muitos problemas que foram surgindo ao longo do desenvolvimento do projeto, principalmente nas questões de isolamento e impermeabilização. A incompatibilidade de alguns produtos, a necessidade de promover a ventilação e a difusão ao vapor, ou as especificidades técnicas que existem numa cobertura ajardinada, obrigaram à reformulação de forma continuada do projeto.

A valorização/orçamentação do projeto, foi relativamente fácil, já que uma das preocupações foi optar por sistemas práticos e exequíveis, com materiais comercializados e implementados no mercado. O estudo final na determinação da eficiência energética do conjunto, foi determinante para admitir que este projeto é possível de ser implementado, como uma resposta credível daquilo que pode ser o desenvolvimento sustentável, na salvaguarda dos nossos recursos naturais e na promoção de uma melhor qualidade de vida para as gerações vindouras.

5.2. Enquadramento Geral do Projeto

De forma a realizar um enquadramento do projeto, o presente capítulo será dividido pelas diversas especialidades. Todas as características técnicas do projeto procuram de alguma forma reduzir o impacto ambiental, promover a poupança e a eficiência.

O conceito base parte da elaboração de um módulo tipo, constituído por vários elementos modulares de paredes e lajes, com uma configuração retangular exterior de aproximadamente 6,47x3,47x3,00 m e interior de aproximadamente 6,00x3,00x2,44 m. A possibilidade de acoplação de vários módulos tipo, torna o

edifício final configurável e ampliável, mediante as necessidades ou a função a que se destina. A elaboração deste projeto contou com a colaboração do Arquiteto Jorge Brito, que foi determinante na reconfiguração do projeto base designado por M2ECO. Como principais alterações regista-se a reformulação das dimensões base, alteração dos materiais estruturais e de acabamento, bem como na aposta de uma maior simplicidade construtiva, adotando construção apenas ao nível do rés-do-chão. Na Figura 5.1, seguem alguns dos esboços realizados pelo Arquiteto com vista à sua versatilidade construtiva e modular.

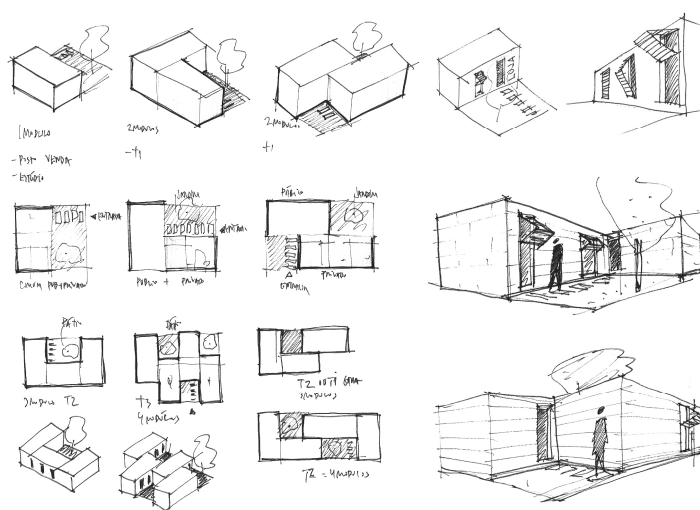


Figura 5.1 – Esboços do módulo tipo e das múltiplas configurações.

As dimensões do módulo tiveram como orientação a legislação em vigor, promovendo a rapidez na montagem e a redução dos desperdícios. A configuração estrutural do edifício foi ainda realizada segundo os princípios mencionados, tendo em atenção a necessidade de criação de zonas de passagem e ligação entre módulos.

Os materiais seleccionados para este projeto, são minuciosamente apresentados em termos de características técnicas, sistemas de aplicação e montagem, bem como a respetiva empresa que promove a sua comercialização. Face à quantidade de informação técnica alguma documentação será disponibilizada em anexo a esta dissertação.

Para uma melhor avaliação das possibilidades construtivas deste sistema de conjugação, este trabalho incide em quatro soluções possíveis, somo sendo o módulo de “Posto de Vendas”, módulo “Estúdio” e habitação “T1” e “T2”, Figura 5.2.



Figura 5.2 – Soluções técnicas em estudo a partir de um módulo tipo.

5.3. Fundações

5.3.1. Enquadramento

A colocação dos módulos no local de obra, necessita de fundações, para acomodação do mesmo e na criação de uma barreira física de separação com o terreno. Grande parte dos projetos analisados, que contemplam construção modular ou pré-fabricada, preveem na sua maioria a realização de ensoleiramento geral com recurso a betão armado.

A utilização generalizada do betão na construção portuguesa e o uso do cimento Portland como ligante de excelência, acarreta no entanto um impacto ambiental elevado, devido à extração das matérias-primas não-renováveis e pela quantidade de carbono emitido durante a sua produção (Torgal *et al.*, 2007).

Segundo Struble e Godfrey (2004), que realizaram um estudo sobre a sustentabilidade do betão, conseguiram determinar os gastos energéticos associados à produção do ligante e do betão. Utilizando as proporções de 1092 kg de agregado grosso, 722 kg de agregado fino, 350 kg de cimento Portland e 160 kg de água por metro cúbico de betão, determinaram os seguintes gastos, Figura 5.3.

Production Step	Energy (MJ/kg cement)
Extraction of raw materials	0.044
Transportation of raw materials	0.089
Crushing and grinding of raw materials	0.386
Pyroprocessing	4.041
Grinding cement	0.188
Transportation of cement	0.133
Total	4.882

Constituent	Energy (MJ/kg concrete)
Coarse aggregate	0.028
Fine aggregate	0.028
Portland cement	0.735
Water	0.000
Manufacturing	0.102
Total	0.893

Figura 5.3– Energia utilizada na produção de cimento Portland e betão (Fonte: How Sustainable is concrete, 2004).

Para além do consumo de energia na produção do ligante e do betão, existem outros fatores de agravamento, como sendo a utilização de agregados e os custos associados ao transporte dos materiais. O consumo de agregados em Portugal, estima-se de 80 milhões de toneladas ano, cuja exploração se encontra dispersa pelo país, aumentando o impacto ambiental e a destruição da biodiversidade desses locais (Torgal *et al.*, 2007). O custo associado ao transporte desses materiais é ainda de enorme relevo, conforme analisado na Figura 5.4, que representa a produção de global de dióxido de carbono (CO₂), pelo grupo CIMPOR.

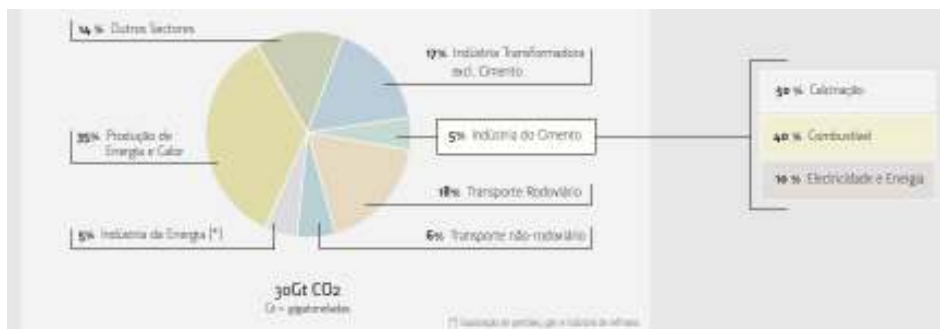


Figura 5.4 – Produção global de CO₂ (Fonte: 2.º Relatório de Sustentabilidade – CIMPOR, 2006).

Importa ainda mencionar que a inserção de aço na construção, veio agravar os valores de emissões e consumo de recursos. No entanto, o recurso a betão armado, consegue provocar um impacto mais reduzido comparativamente com a utilização de perfilaria metálica. Segundo o estudo realizado por Struble e Godfrey (2004), o gasto energético da produção de betão reforçado com aço é de aproximadamente metade, comparativamente com o custo da produção de um perfil metálico similar, Figura 5.5.

Impact	Reinforced concrete	Steel
Resource use (kg)	48.85	18.69
Warming potential (kg equivalent CO ₂)	9.97	8.95
Water pollution index	0.34	0.98
Air pollution index	2.01	2.46
Solid waste (kg)	1.87	1.80
Energy (MJ)	140.18	229.69

Figura 5.5 – Impacto ambiental de betão reforçado com varões de aço e perfil metálico (Fonte: How Sustainable is concrete, 2004).

Para além do impacto associado à produção destes materiais, que são largamente utilizados na construção a nível mundial, temos ainda a questão dos resíduos de construção e demolição (RCD). Apesar das quantidades geradas a nível global serem motivo de discrepâncias mediante os autores, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), avança que a nível europeu este valor será de 290 milhões de toneladas/ano, aproximadamente 22% de todos os resíduos produzidos (Torgal *et al.*, 2007). De acordo com o Decreto-lei 178/2006 de 5 de Setembro, o resíduo é um produto cujo detentor se pretende desfazer, sendo resultante de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação, demolição, ou da derrocada de edificações. Face à

sua origem, este apresenta uma composição heterogénea com diversos tipos de materiais na sua constituição, Figura 5.6.

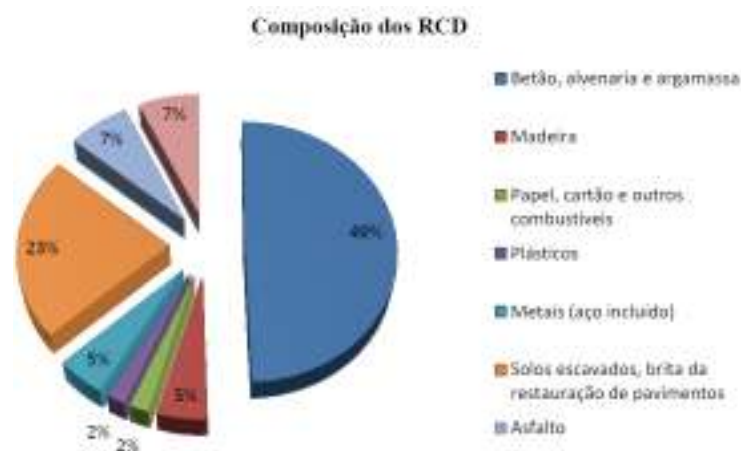


Figura 5.6 – Composição dos RCD (Fonte: Andrade, 2011).

Grande parte dos seus constituintes, apresentam características inertes, ou seja, não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas significativas e por isto não afetam negativamente outros materiais com que estejam em contacto de forma a contaminar o meio ambiente ou prejudicar a saúde humana (Andrade, 2011).

O betão e os materiais cerâmicos são a principal fonte de material inerte, embora também se possam encontrar pedras, vidros e metais. O betão poderá apresentar material ferroso na sua constituição (betão armado), ou poderá ser apenas betão simples, resultante de pavimentos ou fundações. Ao nível dos cerâmicos os materiais mais usuais são o tijolo, telhas, azulejos, entre outros, tendo um papel determinante na quantidade de massa inerte dos RCD.

O vidro, também é muito usual, principalmente nas obras de demolição, do qual deverá ser devidamente triado, já que a sua incorporação no betão poderá condicionar o seu comportamento devido à sua natureza siliciosa (Mália, 2010).

O papel, cartão e plástico são outros dos materiais existentes, principalmente resultantes das embalagens ou de equipamentos aplicados em obra. A madeira por sua vez, pode ser gerada durante a realização de cofragens, ou também na fase de demolição, com a remoção de vãos de porta, rodapés, soalhos, ou na demolição de elementos como o tabique. Geralmente devido aos químicos existentes no seu tratamento ou acabamento, poderão ser classificados como resíduos perigosos,

comparativamente aos materiais que contêm amianto, chumbo, tintas, adesivos, alguns plásticos e embalagens contaminadas com restos de materiais perigosos (Mália, 2010).

Segundo Andrade (2011), O Decreto-lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, veio incentivar a reciclagem dos RCD, face ao seu potencial de valorização. Esta situação, é já comum em alguns países europeus, como sendo o caso da Holanda e da Dinamarca, contrariamente ao verificado em Portugal onde grande parte deste material tem como destino o aterro (Torgal *et al.*, 2007).

Nesse sentido a gestão de resíduos aplicada atualmente em Portugal, visa a prevenção ou redução da produção ou nocividade dos resíduos, nomeadamente através da reutilização e da alteração de processos produtivos, por via da adoção de tecnologias mais limpas, bem como da sensibilização dos agentes económicos e dos consumidores, assegurando a sua valorização, nomeadamente através de reciclagem, valorização orgânica, seguida de valorização energética, e a sua eliminação adequada (Andrade, 2011).

5.3.2. Solução adotada

Face aos dados apresentados a solução aplicada ao projeto em estudo, teve como principais linhas de orientação os seguintes pontos:

- Redução das quantidades de betão a incorporar nas fundações;
- Possibilidade de incorporação de RCD;
- Criação de um sistema de fundação simples e rápido, que crie uma barreira entre o edifício e o terreno;
- Promoção da ventilação e proteção contra a humidade por capilaridade.

Uma vez que a produção de betão, apresenta um impacto ambiental de grande relevo, a utilização deste material será apenas ao nível das fundações, excluindo o sistema de ensoleiramento geral, de forma a reduzir o material a incorporar.

A solução adotada, Figura 5.7, passa pelo recurso a uma viga de fundação com formato retangular, criando um sistema de caixa-de-ar entre o edifício e o terreno. Esta caixa-de-ar, será devidamente ventilada, com a colocação de negativos na viga

de fundação aquando da sua betonagem. De forma a reduzir a mão-de-obra e os prazos de execução, a fundação terá a mesma secção ao longo do seu desenvolvimento, bem como a sua dimensão estandardizada de forma a uniformizar a cofragem e a reduzir os erros de implantação. A utilização de painéis de cofragem, permitirá maior agilidade, rapidez e reutilização, evitando o consumo de madeira.



Figura 5.7 – Viga de fundação para receção do módulo tipo.

O cálculo realizado para o dimensionamento desta fundação encontra-se detalhado no ponto seguinte desta especialidade. No entanto e devido ao reduzido peso próprio do nosso elemento modular tipo, a viga de fundação apresenta uma secção reduzida de 40x40 cm, com armadura longitudinal em varão de aço roscado de 12 mm e estribos em varão de aço roscado de 8 mm.

Esta secção permite a correta fixação do módulo tipo, prevendo na periferia deste, uma orla pelo exterior de 12,5 cm para que os elementos posteriores de revestimento e isolamento não se encontrem em contacto com o terreno, Figura 5.8.

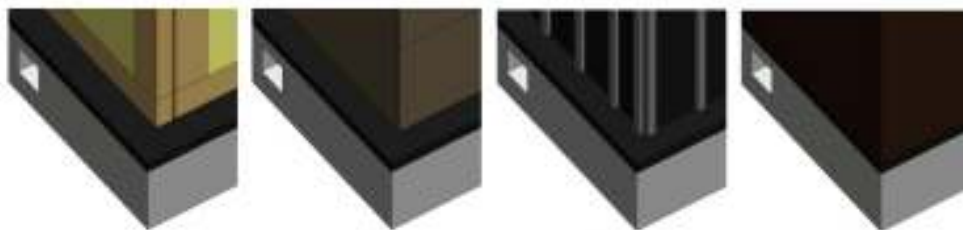


Figura 5.8 – Relação dimensional entre a viga de fundação e os revestimentos finais.

A dimensão da viga de fundação será igual ao comprimento e largura do módulo contemplando os revestimentos finais, com uma largura pela face exterior de 3,47 m e um comprimento de 6,47 m, Figura 5.9.

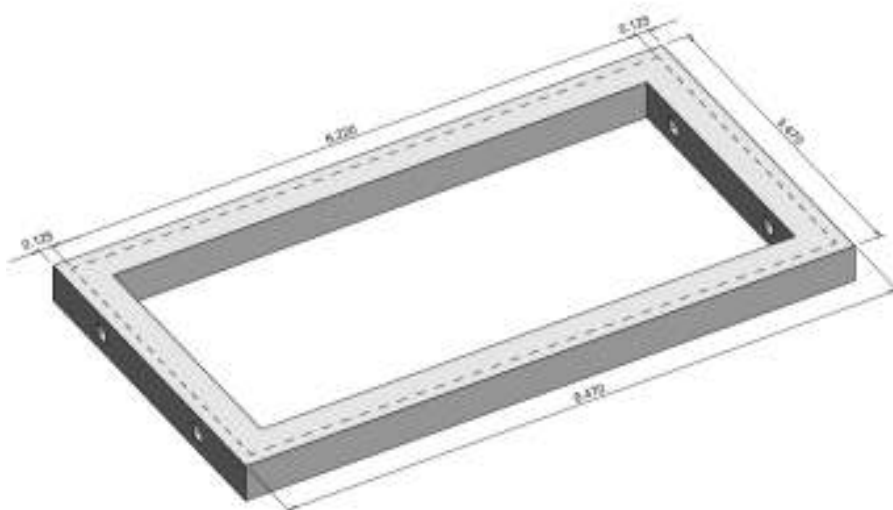


Figura 5.9 – Viga de fundação cotada.

De forma a reduzir ao mínimo o consumo de betão e inertes, uma das soluções possíveis passa pela incorporação de RCD, aumentando desta forma o seu potencial de valorização e reduzindo a carga de resíduos a ser colocada em aterro.

Importa no entanto mencionar, que deve ser realizado um estudo adequado dos RCD a incorporar, atendendo à legislação atual, bem como utilizar resíduos que se encontrem perto do local de obra, para que os gastos inerentes ao seu transporte não ultrapassem os ganhos referentes à sua reutilização.

Ao nível da impermeabilização dos elementos de fundação e de forma a evitar a utilização de materiais betuminosos, a ventilação da caixa-de-ar será uma necessidade fundamental. Na parte superior da viga de fundação, será colocado uma banda de impermeabilização (mencionado no ponto 5.5), destinada a realizar a separação entre a fundação e os elementos que contatam com esta, nomeadamente os painéis de parede, revestimento exterior de parede e a laje de pavimento.

5.3.3. Parcerias e materiais

Na elaboração da solução técnica acima mencionada, reunimos algumas parcerias com entidades que facultaram informações técnicas valiosas, facilitando a tomada de

decisão de grande parte das opções apresentadas. Destacam-se as seguintes empresas e materiais respetivos:

- Eng.º Frutuoso Sousa: Dimensionamento da viga de fundação;
- Unibetão: Fornecimento de betão armado;
- Chagas: Fornecimento de varão de aço roscado;
- Vilaplano Construções: Cofragem da viga de fundação.

Dimensionamento da viga de fundação

O dimensionamento da viga de fundação foi o primeiro passo relativo à opção técnica de colocar um elemento estrutural em betão armado para fixação do nosso elemento modular tipo. A aposta num sistema simples e estandardizado, que reduzisse o erro e permitisse níveis elevados de rendimento, foram alguns dos parâmetros que levaram à escolha deste tipo de fundação. O seu reduzido consumo de betão quando comparado com outras soluções, bem como a escolha de betões com menor impacto ambiental tornaram-se a aposta mais equilibrada para as necessidades. A colaboração prestada pelo Eng.º Frutuoso Sousa foi bastante importante, na determinação das dimensões e armaduras necessárias da viga de fundação. Na elaboração do cálculo de dimensionamento, foram considerados ao nível da cobertura os seguintes valores para cálculo:

- 1 kN/m^2 de sobrecarga;
- 2 kN/m^2 de cargas permanentes de revestimentos de coberturas.

Por sua vez, ao nível do rés-do-chão foram considerados os seguintes valores:

- 2 kN/m^2 de sobrecarga;
- 1 kN/m^2 de cargas permanentes de revestimentos de pavimentos;
- $0,70 \text{ kN/m}$ de cargas permanentes devido ao peso da parede.

Relativamente ao tipo de betão e segundo as exigências do Eurocódigo a classe de betão considerada foi um C25/30. Posteriormente foi aplicada a combinação de estados limites últimos segundo o Eurocódigo 0 e 2, que resultaram nos valores indicados no esquema abaixo gerado no software Ftoll, Figura 5.10.

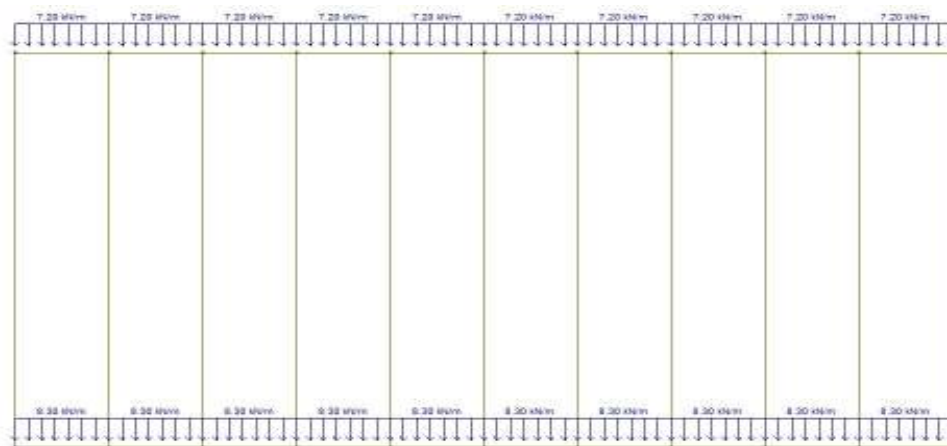


Figura 5.10 – Valores das cargas na combinação de estados limites últimos (Fonte: Frutuoso Sousa, 2013).

Para a realização do diagrama acima, foram transformadas as cargas em KN/m^2 existentes na cobertura, numa carga linear em KN/m , considerando que metade desta carga descarrega nas paredes confinantes. Foi ainda admitido neste diagrama a carga linear relativa ao peso próprio da parede.

Para a modelação, utilizou-se uma modelo 3D de barras aplicando as cargas descritas anteriormente. O dimensionamento através do software Cype de um tramo da viga de fundação, garantiu a determinação de todos os dados necessários nomeadamente a secção, armaduras e os respetivos consumos de materiais e cofragem associada, Figura 5.11.

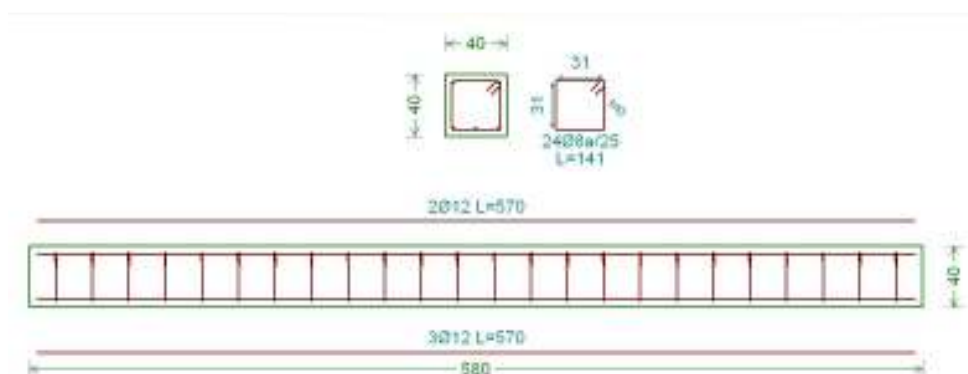


Figura 5.11 – Secção e armadura da viga de fundação calculada (Fonte: Frutuoso Sousa, 2013).

Uma vez que a viga de fundação é pouco solicitada devido ao reduzido peso do elemento modular que vai receber, os resultados obtidos são fundamentalmente secções mínimas regulamentares e rácios mínimos de betão e aço.

Para uma consulta mais aprofundada dos dados gerados pelo software Cype, segue no Anexo 1 a tabela de resultados.

Fornecimento de betão armado

A segunda etapa na definição e caracterização das nossas fundações, foi a escolha das características do betão a aplicar. A parceria criada com a empresa Unibetão, sobre o acompanhamento de Jorge Araújo e Artur Sérgio, foi determinante na análise da vasta gama de produtos que atualmente são produzidos no sector da indústria de betão preparado.

A Unibetão atua no mercado do betão pronto há mais de 35 anos, com uma permanente adaptação ao mercado tendo registado um crescimento contínuo aliado a uma ampliação do seu raio de ação, com a aquisição de outras empresas ou instalação de novas centrais. Esta empresa certificada desde Outubro de 2000 pela ISO 9001 para a conceção, fabrico e distribuição de betão pronto, tem metodologias implementadas e desenvolvidas em todas as suas centrais que são sistematicamente avaliadas por auditorias externas e independentes.

Do acompanhamento técnico realizado por esta empresa, a escolha do betão a utilizar recaiu sobre o UniLve Estrutural, Figura 5.12, que é um betão leve com massa volúmica seca, após secagem em estufa, superior ou igual a 800 kg/m^3 mas não excedendo 2000 kg/m^3 . Este betão é produzido utilizando parcial ou totalmente agregado leve de argila expandida e/ou agregados naturais, ligante, água e adjuvantes.



Figura 5.12 – UniLeve Estrutural (Fonte: Unibetão, 2011).

Este betão, destaca-se dos normais “betões leves”, por possuir uma resistência à compressão semelhante à de um betão corrente, mas com uma massa volúmica bastante inferior (-35%). Com uma massa volúmica na ordem dos 1600 Kg/dm^3 , pode ter resistências à compressão até 45 MPa, conseguindo desta forma obter betões com classes de resistência adequadas ao cumprimento da especificação LNEC E-464, mas com massas volúmicas bastante mais baixas que um betão normal.

Conforme o dimensionamento realizado anteriormente, este betão deverá ter uma classe de resistência à compressão LC30/33, com uma classe de massa volúmica D1,6 cujo intervalo se situa entre os 1400 e os 1600 Kg/m^3 , Figura 5.13.

Classe de Massa Volúmica	D1,0	D1,2	D1,4	D1,0	D1,6	D2,0
Massa Volúmica do Betão (kg/m³)	≥800 e ≤1000	≥1000 e ≤1200	≥1200 e ≤1400	≥1400 e ≤1600	≥1600 e ≤1800	≥1800 e ≤2000

Classe de Resistência à Compressão	Resistência característica mínima em cilindros (N/mm²)	Resistência característica mínima em cubos (N/mm²)
LC 8/9	8	9
LC 12/13	12	13
LC 16/18	16	18
LC 20/22	20	22
LC 25/28	25	28
LC 30/33	30	33
LC 35/38	35	38

Figura 5.13 – Características e propriedades do betão leve (Fonte: Unibetão, 2011).

Desta forma conseguimos garantir que o betão utilizado garante as necessidades do cálculo, bem como possui todas as características necessárias para ser considerado um betão estrutural. Não se deve adicionar água em obra, a sua aplicação deve fazer-se sem recurso a bomba e o período de cura é muito semelhante aos betões convencionais.

As vantagens da utilização deste material são diversas já que permite a redução do peso da estrutura, vãos livres maiores, secções mais esbeltas, melhoria estrutural sísmica bem como maior facilidade de manuseamento e de transporte. Segundo o guia para a utilização da norma NP EN 206-1 – A especificação do Betão, a utilização de betão pronto melhora a qualidade e segurança na construção, aumenta a rapidez, racionalidade e eficácia na execução da obra, reduz os custos da não qualidade, protege o meio ambiente e o utilizador final.

Relativamente às restantes especificações do betão no que respeita à sua consistência, exposição ambiental, entre outros, é fundamental uma análise cuidada do local da implantação e estudo da Norma já mencionada. No entanto e como padrões mínimos, o nosso betão deve ter a seguinte designação NP EN 206-1: LC30/33 XC2(P) Cl 0,20 Dmax22 S3.

Para uma consulta mais aprofundada das características deste betão estrutural, segue no Anexo 1 a ficha técnica deste material.

Fornecimento de varão de aço roscado

Relativamente ao varão de aço roscado, este deverá ser fornecido pela Chagas, empresa com larga experiência na comercialização deste tipo de material. O varão a aplicar é devidamente certificado pelo instituto português da acreditação (IPAC), com a designação comercial de MEGAFER 500SD – SEIXAL (A500 NR DE DUCTILIDADE ESPECIAL), sendo obtidos diretamente por laminagem a quente e com fornecimento em comprimentos retos ou em rolos. Apresentam um perfil com duas séries opostas de nervuras de secção variável e oblíquas em relação ao eixo dos varões. Nas duas séries as nervuras oblíquas têm inclinações alternadas em relação ao eixo dos varões. O espaçamento entre nervuras contíguas é igual nas duas séries.

Para uma consulta mais aprofundada deste material, segue no Anexo 1 o documento de classificação do LNEC.

O consumo de aço e betão neste projeto é relativamente reduzido, traduzindo-se no seu impacto ambiental aquando da produção e aplicação. O consumo, respeita os rácios mínimos de armadura e betão impostos pelo Eurocódigo. A determinação das quantidades a aplicar na viga de fundação, segue na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Cálculo dos consumos de betão e aço para a viga de fundação.

[illegible]

Cofragem da viga de fundação

A última etapa na definição dos trabalhos e materiais associados à viga de fundação é relativa ao tipo de cofragem a utilizar. Para o aconselhamento técnico destes equipamentos, foi elaborada uma parceria com a empresa Vilaplano Construções.

Esta empresa é especialista na área do betão armado desde a sua fundação, com uma elevada experiência adquirida em projetos a nível nacional e internacional ao longo de mais de 30 anos de atividade dos seus fundadores.

Atualmente esta presente em mercados como França, Bélgica, Argélia, Brasil e Panamá, tendo já participado em variadíssimos projetos em Espanha e Angola.

Segundo indicações do Eng.º Óscar Silva da empresa Vilaplano Construções, as cofragens que melhor se adaptam a este projeto numa ótica de custo benefício, são os painéis Framax Xlife da Doka, Figura 5.14.

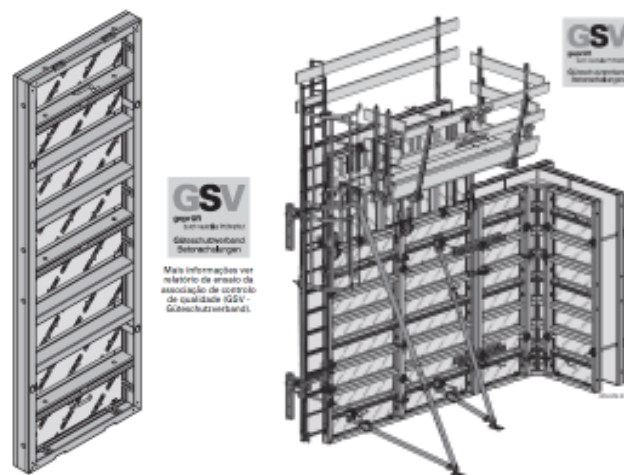


Figura 5.14 – Cofragem modulada Doka Framax Xlife (Fonte: Doka, 2007).

Este painel de cofragem, suporta cargas muito elevadas, sendo constituído por uma combinação do tradicional núcleo de contraplacado e o novo revestimento de plástico. Esta combinação garante um número de aplicações elevado, a par de um resultado perfeito no betão e reduz a possibilidade de sofrer danos. Apresenta as principais vantagens:

- Elevada qualidade das superfícies do betão;
- Menos zonas de retoque;

- Menos trabalho de limpeza - o painel Xlife também pode ser limpo com um sistema de água de alta pressão;
- Ausência de lascas na superfície cofrante e menor absorção de água pelos furos dos pregos;
- O aparafusamento da superfície cofrante pela retaguarda, elimina as marcas dos parafusos.

Possui ainda um quadro em aço galvanizado e revestido a pó, resistente à deformação, com perfis ocos resistentes à deformação – altura do perfil 12 cm com as seguintes características:

- Fortes perfis transversais;
- Limpeza fácil devido ao revestimento a pó;
- Lado frontal do painel fácil de limpar – por isso, os painéis são sempre estanques;
- Ranhura circundante para a fixação das peças de ligação entre painéis em qualquer local;
- Vida útil longa devido à galvanização a quente;
- Proteção dos bordos da superfície cofrante através do perfil do quadro;
- Furos transversais para a formação de cantos e cofragens de topo.

A versatilidade deste tipo de cofragem devido aos seus sistemas de ligação e fixação com outros painéis, permitem múltiplas conjugações e várias utilizações, tornando-se a escolha para a construção da nossa viga de fundação, Figura 5.15.

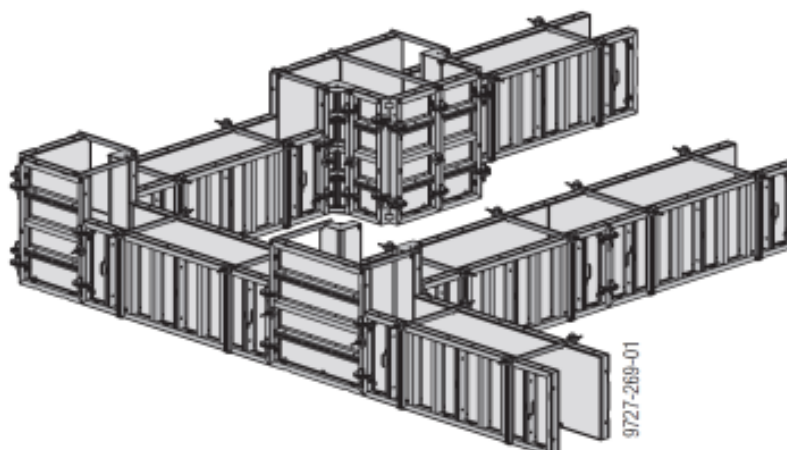


Figura 5.15 – Aplicação do painel Doka Framax Xlife em fundações (Fonte: Doka, 2007).

Para a realização destes trabalhos, são necessários painéis com três dimensões *standard*, 45x330 cm, 45x270 cm e 90x90 cm. A sua localização bem como as necessidades de painéis e fechos encontram-se mencionados abaixo:

- Comprimento pela face exterior: 647 cm – 2 Painéis Framax Xlife 45x330 cm;
- Largura pela face exterior da viga de fundação: 347 cm – 1 Painei Framax Xlife 45x330 cm + 1 fecho de 17 cm
- Comprimento pela face interior da viga de fundação: 567 cm - 2 Painéis Framax Xlife 45x270 cm + 1 fecho de 27 cm
- Largura pela face interior da viga de fundação: 267 cm – 2 Painéis universal Framax Xlife 90x90 cm + 1 fecho de 62 cm (está contemplado o desconto da espessura dos painéis (12,3 cm) que estão a cofrar ambas as faces de 567 cm;

Importa salientar que conjuntamente com estes painéis serão necessários outros materiais complementares, nomeadamente grampos de fixação, pregos e escoras para fixação das cofragens. As quantidades de painéis utilizados e de fechos em madeira de contraplacado serão as seguintes:

- Painei Framax Xlife 45x330 cm – 6 unidades;
- Painei Framax Xlife 45x270 cm – 4 unidades;
- Painei universal Framax Xlife 90x90 cm – 4 unidades;
- Fecho em madeira de contraplacado 45x17 cm – 2 unidades;
- Fecho em madeira de contraplacado 45x27 cm – 2 unidades;
- Fecho em madeira de contraplacado 45x62 cm – 2 unidades.

Para uma consulta mais aprofundada deste equipamento, segue no Anexo 1 o documento de informação ao utilizador.

5.4. Estabilidade

5.4.1. Enquadramento

Conforme já verificado no ponto 5.1, o consumo energético na produção e transporte do betão e dos perfis metálicos é bastante elevado, sendo o seu impacto ambiental preocupante, quando estes materiais são largamente utilizados ao nível da conceção estrutural de grande parte dos novos edifícios (Coutinho, 2002). A energia utilizada para a produção de um material é na sua maioria utilizada na sua realização em fábrica (85-95%), sendo o restante gasto ao nível do transporte e incorporação em obra (Torgal *et al.*, 2007).

Face às novas preocupações ambientais, a utilização da madeira, surge cada vez mais como um potencial nicho de negócio, quer pela sua versatilidade e capacidade resistente, mas também pela redução de consumo energético aquando da sua produção. Segundo Silva (2010), 1 tonelada de aço consome 3000×10^3 kcal de energia; 1 tonelada de betão consome 780×10^3 kcal de energia, quando a mesma quantidade madeira consome $2,4 \times 10^3$ kcal de energia.

“O principal motivo pelo qual a madeira pode ser considerada o material de construção de eleição é por ser ambientalmente sustentável, ou seja, a madeira é o único material de construção, relativamente aos principais (betão, aço, alumínio e madeira), que é reciclável, renovável e biodegradável, para além de ser dos produtos que despende menor energia para a sua transformação” (Marques, 2009).

Atualmente e face à evolução do setor da construção em madeira, para além da utilização da madeira maciça, tem surgido diversos produtos no mercado classificados como madeiras industriais.

As madeiras maciças, proveem diretamente do tronco da árvore, estando como tal limitada em termos de comprimento e largura. Por sua vez as madeiras industriais, devido a processos variados de colagem sobre pressão, apresentam grande capacidade resistente bem como vários tipos de secção e comprimentos *standard*. É o caso da madeira lamelada colada e micro lamelada colada, Figura 5.16, cujos processos de colagem de lâminas de madeira maciças com as fibras dispostas

paralelamente tem contribuído para a crescente procura de soluções construtivas utilizando este recurso natural.



Figura 5.16 – Viga lamelada colada (Fonte: Matos&Companhia, 2013) e viga com banzo micro lamelada e alma em OSB (Fonte: Tekniwood).

Ao nível de painéis, Figura 5.17, temos um vasto conjunto de produtos, que vão desde os contraplacados, formados por colagem de folhas de madeira natural orientadas em diversas direções coladas entre si com resinas de diversas qualidades e com espessura de 2 a 4 mm, os aglomerados de fibras, constituídos por placas fabricadas com fibras de madeira obtidas por refinação mecânica prensadas com resinas termo-endurecíveis (Platex e MDF), os aglomerados de partículas, fabricados com estilha de madeira, pó de madeira e resinas diversas (OSB) e os aglomerados madeira-cimento, placas constituídas por partículas de madeira ligadas com cimento Portland. (Marques, 2009).



Figura 5.17 – Tipos de painéis de madeira (Fonte: Marques, 2009).

Desta forma a utilização da madeira, apresenta um conjunto diversificado de vantagens, que tornam este material bastante interessante. O seu baixo peso, facilidade de maleabilidade com uma capacidade resistente elevada, possibilita

dimensionamentos arrojados. O seu desempenho ao fogo com uma taxa de consumo muito baixa, aliada com a durabilidade e uma vasta gama de opções, torna este material apetecível face às exigências e padrões atuais de segurança e qualidade (Silva 2010).

5.4.2. Solução adotada

Da análise dos dados acima mencionados, a solução técnica utilizada neste projeto, teve como principais linhas de orientação os seguintes pontos:

- Elaboração de um módulo tipo de dimensões *standard*, passível de ser transportado ou montado em obra;
- Utilização madeira ou produtos derivados na elaboração da estrutura, com recurso a vigas lameladas coladas e painéis OSB de dimensão comercial, colocando de parte a utilização de betão ou perfilaria metálica;
- Elaboração de sistemas que reduzam os desperdícios de material ao mínimo;
- Criação de elementos modulares, de fácil montagem e rapidez de processo.

Após a elaboração dos vários elementos modulares que constituem o módulo tipo, utilizando apenas vigas lameladas coladas, forradas a painéis OSB, o módulo base com um formato retangular, apresenta como dimensões *standard*, uma largura de 3,22 metros, por um comprimento de 6,22 metros e uma altura de 3,00 metros. Interiormente o espaço útil terá uma largura de 3,00 metros, por 6,00 metros de comprimento e uma altura de 2,44 metros. A elaboração de vários elementos construtivos separados e de forma modular, possibilitam o seu transporte e montagem em obra, ou caso seja necessário, o transporte do módulo tipo é possível de ser realizado por camião, já que as suas dimensões se aproximam de um contentor marítimo, Figura 5.18. A conjugação das várias peças foi realizada com a intenção de conferir rigidez ao conjunto, facilidade nas ligações dos vários elementos modulares, bem como o melhor aproveitamento do material, garantindo um espaço interior de utilização de acordo com as normas legais.



Figura 5.18 – Módulo tipo após a conjugação de todos os elementos modulares (apenas vigas lameladas coladas) e após a utilização de painéis OSB.

As dimensões do módulo, pretendem reduzir ao mínimo o desperdício de materiais, assim como estandardizar processos construtivos e reduzir as necessidades de mão-de-obra e tempo despendido. Na construção do módulo, serão utilizados sete elementos modulares distintos, que conjugados produzem o módulo tipo, Figura 5.19.

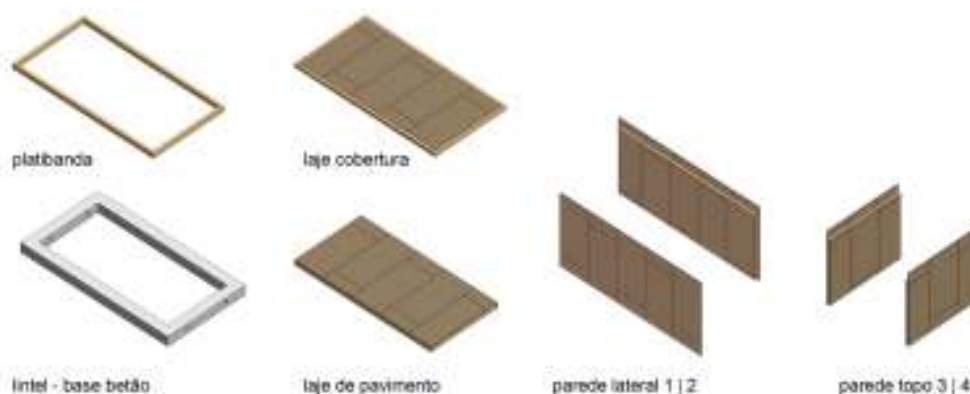


Figura 5.19 – Elementos modulares que constituem o módulo.

A placagem dos elementos porticados, é realizada para que no final todas as vigas lameladas coladas sejam devidamente recobertas por painéis OSB, eliminando ressaltos ou arestas vivas que impossibilitem a correta aplicação das telas de impermeabilização.

Os elementos rígidos são elaborados com recurso a vigas lameladas coladas, sendo utilizados elementos com 12,00 e 13,50 metros de desenvolvimento (dimensões comerciais), com as seguintes secções 8 x 12 cm, 8 x 16 cm, 16 x 16 cm e 10 x 20 cm. A distribuição das vigas lameladas coladas, pretendem promover a rigidez do conjunto, com recurso a estruturas porticadas, que estão matematicamente

formuladas para responder às solicitações estruturais, bem como promover a poupança dos materiais e facilitar o processo de montagem dos vários elementos unitários.

A fixação dos painéis de madeira OSB nos elementos de parede e laje, utiliza sempre na sua grande maioria placas inteiras. Este processo, reduz o número de cortes a efetuar, promove a utilização de pouca mão-de-obra, bem como o tempo utilizado na montagem e os desperdícios resultantes. A elaboração de um módulo com um pé-direito de 2,44 metros, torna possível executar paredes interiores com painéis de OSB de dimensão corrente de mercado. Importa referir que quando é necessário o corte dos painéis, este é realizado de forma a produzir peças com dimensões passíveis de ser reaproveitadas. A dimensão dos painéis utilizados para os módulos de laje e paredes exteriores tem 250 x 125 cm, sendo que para as paredes interiores os painéis apresentam 244 x 122 cm.

Os vários elementos modulares que compõem o módulo tipo são agora apresentados de forma detalhada:

- **Laje de Pavimento**, Figura 5.20 e Figura 5.21: Construída com recurso a vigas lameladas coladas com secção 8 x 16 cm e painéis de OSB com 2,50 x 1,25 m. Apresenta uma largura de 3,00 m por um comprimento de 6,00 m e uma altura de 16 cm. Quando placado este elemento apresenta uma altura de 19 cm.

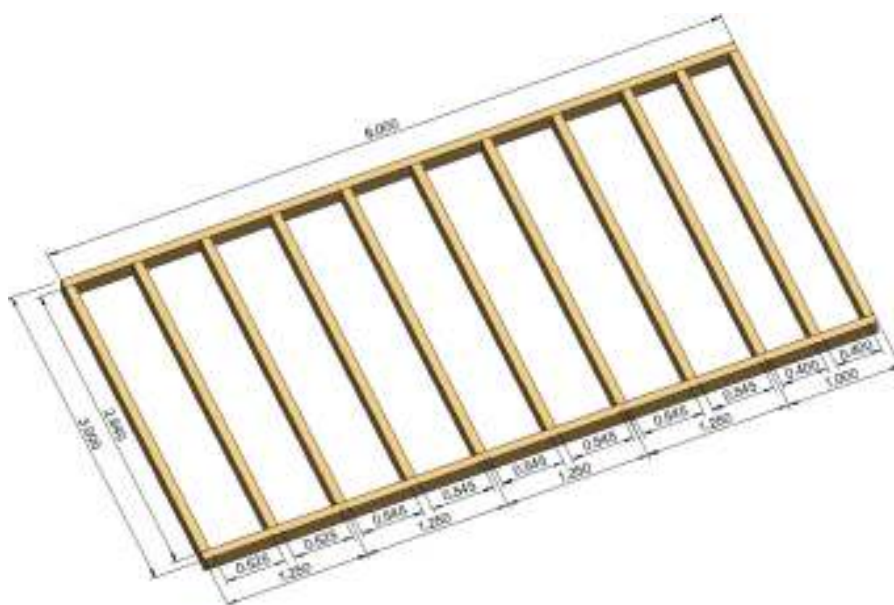


Figura 5.20 – Laje de pavimento constituída por vigas lameladas coladas.

A colocação dos painéis de OSB será realizada da esquerda para a direita, para que cada placa esteja devidamente apoiada a meio por um prumo e nas pontas com um apoio médio de 4 cm. O desperdício deste material é de duas placas com um 1,00 x 2,50 m, mas a laje ao apresentar uma largura com 3,00 m, obriga a colocação de fechos de OSB com 0,5 x 1,25 m. Esta dimensão permite níveis de aproveitamento de material quase na sua totalidade.

Para reduzir o desperdício das vigas, optamos pela colocação de duas vigas de 6,00 m, de forma a aproveitar uma viga comercial na totalidade. Os restantes elementos com 2,84 m, vão produzir como desperdício 2 elementos com 64 cm, mais uma unidade com 348 cm. Este último sobranço poderá ser incorporado noutra elemento construtivo (laje de cobertura), mas os restantes devido à sua dimensão são utilizados para a produção de briquetes, valorizando desta forma o material.



Figura 5.21 – Laje de pavimento revestida a painéis de OSB.

Na Tabela 5.2, segue uma análise das vigas lameladas coladas utilizadas, bem como os desperdícios resultantes, na produção da laje de pavimento. É mencionado as dimensões dos vários desperdícios, indicando quais são passíveis de reaproveitamento.

Tabela 5.2 – Análise dos desperdícios das vigas na laje de pavimento.

Elemento	Painel de laje de pavimento						
Tipo de Material	Vigas lameladas						
Secção (cm)	10 x 20	16 x 16	8 x 16	8 x 12			
Comprimento (cm)	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350			
	Necessário			Adquirido			Desperdício (cm)
Tipo de Material	Comp. (cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	Aquisição (cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	
Viga 8 x 16 cm	600,00	2,00	1200,00	1200,00	1,00	1200,00	0,00
Viga 8 x 16 cm	284,00	11,00	3124,00	1200,00	3,00	3600,00	-476,00
Desperdício (cm)							
Qtd.	Un.	Comp. (cm)	Total (cm)				
2 (8x16 cm)	un	64,00	128,00	Produção de briquetes			
1 (8x16 cm)	un	348,00	348,00	Reaproveitado no painel de laje de cobertura (Obs 1)			

Na Tabela 5.3, é realizado o mesmo estudo. A marcação realizada a vermelho, indica um reaproveitamento que pode ser realizado dos painéis aquando da execução da laje. Os desperdícios de OSB são todos reaproveitados para recobrimento de platibanda entre outros.

Tabela 5.3 – Análise dos desperdícios dos painéis de OSB na laje de pavimento.

Elemento	Painel de laje de pavimento	
Tipo de Material	Painéis OSB	
Secção/Dimensão (cm)	244 x 122	250 x 125
Comp./ Espessura (cm)	1,5	1,5
Tipo de Material	Aquisição (un)	Desperdício (un)
250 x 125 cm	8,00	0,00
250 x 100 cm	2,00	(2 un) 250 x 25
50 x 125 cm	8,00	100 x 125
50 x 100 cm	2,00	100 x 25
Desperdício (cm)		
Qtd.	Un.	Dimensão (cm)
2,00	un	250 x 25
1,00	un	100 x 25

- **Laje de Cobertura**, Figura 5.22 e Figura 5.23: Construída com recurso a vigas lameladas coladas com as secções 8 x 16 cm, 16 x 16 cm e painéis de OSB com 2,50 x 1,25 m. Apresenta uma largura de 3,19 m por um comprimento de 6,19 m e uma altura de 16 cm. Quando placado, este elemento apresenta uma altura de 19 cm.



Figura 5.22 – Laje de cobertura constituída por vigas lameladas coladas.

A colocação dos painéis de OSB será realizada da esquerda para a direita, deixando uma orla em toda a periferia de 10 cm de forma a receber a futura platibanda. Desta forma cada placa está devidamente apoiada a meio por um prumo e nas pontas com um apoio médio de 4 cm. As placas colocadas na parte superior da laje, terão uma pendente conforme as indicações para a montagem de coberturas ajardinadas, garantindo uma inclinação de 2%. O desperdício deste material é muito semelhante ao registado na laje de pavimento, de duas placas com um 1,00 x 2,50 m. A colocação de fechos de OSB com 0,5 x 1,25 m, permite níveis de aproveitamento de material quase na sua totalidade, Figura 5.23.



Figura 5.23 – Laje de cobertura revestida a painéis de OSB.

Para reduzir o desperdício das vigas com secção 16 x 16, optamos pela colocação de duas vigas de 5,87 m, obtendo um desperdício de 26 cm ao utilizar uma viga

comercial de 12 m. Se optássemos por colocar duas vigas com 6,19 m teríamos um desperdício de 1,12 m já que teríamos que adquirir uma viga comercial de 13,50 m. Desta forma, reduzimos também o desperdício resultante das vigas com a mesma secção de 3,19 m, onde ao utilizarmos uma viga comercial de 13,50 m o sobranter poderá ser incorporado noutro elemento construtivo. Importa referir que a utilização desta secção surge na necessidade de manter uma orla de aproximadamente 10 cm em toda a periferia para receber posteriormente a platibanda e ao mesmo tempo criar uma base de apoio de 6 cm para receber as placas de OSB. Os restantes elementos com 2,87 m, vão produzir como desperdício, 2 elementos com 52 cm, sendo que o restante material é aproveitado do sobranter da laje de pavimento, produzindo um desperdício de 1 elemento com 61 cm. Desta forma, conseguimos uma redução significativa dos desperdícios de material, onde apenas os elementos de pequena dimensão, são utilizados para a produção de briquetes.

Na Tabela 5.4, segue uma análise das vigas lameladas coladas utilizadas, bem como os desperdícios resultantes, na produção da laje de pavimento. É mencionado as dimensões dos vários desperdícios, indicando quais são passíveis de reaproveitamento.

Tabela 5.4 – Análise dos desperdícios das vigas de laje de cobertura.

Elemento		Painel de laje de cobertura					
Tipo de Material		Vigas lameladas					
Secção (cm)		10 x 20	16 x 16	8 x 16	8 x 12		
Comprimento (cm)		1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350		
		Necessário			Adquirido		
Tipo de Material		Comp. (cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	Aquisição(cm)	Qtd. (un)	Total (cm)
Viga 16 x 16 cm		587,00	2,00	1174,00	1200,00	1,00	1200,00
Viga 16 x 16 cm		319,00	2,00	638,00	1350,00	1,00	1350,00
Viga 8 x 16 cm		287,00	4,00	1148,00	1200,00	1,00	1200,00
Viga 8 x 16 cm		287,00	4,00	1148,00	1200,00	1,00	1200,00
Viga 8 x 16 cm		287,00	1,00	287,00	348,00	Obs (1)	-61,00
Desperdício (cm)							
Qtd.		Un.	Comp. (cm)	Total (cm)			
1 (16x16 cm)		un	26,00	26,00	Produção de briquetes		
1 (16x16 cm)		un	712,00	712,00	Reaproveitado para outro painel de laje de cobertura		
2 (8x16 cm)		un	52,00	104,00	Produção de briquetes		
1 (8x16 cm)		un	61,00	61,00	Produção de briquetes		
Obs (1)		Aproveitamento da viga com 348 cm resultante do painel de laje de pavimento, produz um desperdício de 61 cm					

Na Tabela 5.5, é realizado o mesmo estudo. A marcação realizada a vermelho, indica um reaproveitamento que pode ser realizado aquando da execução da laje de cobertura. Os desperdícios de OSB são todos reaproveitados para recobrimento de platibanda entre outros.

Tabela 5.5 – Análise dos desperdícios dos painéis de OSB na laje de cobertura.

Elemento	Painel de laje de cobertura	
Tipo de Material	Painéis OSB	
Secção/Dimensão (cm)	244 x 122	250 x 125
Comp./ Espessura (cm)	1,5	1,5
Tipo de Material	Aquisição (un)	Desperdício (un)
250 x 125 cm	8,00	0,00
250 x 100 cm	2,00	(2 un) 250 x 25
50 x 125 cm	8,00	100 x 125
50 x 100 cm	2,00	100 x 25
Desperdício (cm)		
Qtd.	Un.	Dimensão (cm)
2,00	un	250 x 25
1,00	un	100 x 25

- **Elemento de parede**, Figura 5.24 e Figura 5.25: Construída com recurso a vigas lameladas coladas com as secções 8 x 12 cm e 8 x 16 cm e painéis de OSB com 2,50 x 1,25 m. Apresenta uma largura de 6,00 m por uma altura de 2,65 m e uma espessura total de 8 cm. A viga de secção 8 x 16 cm, é colocada na periferia delimitando o elemento de parede, sendo que as vigas com secção 8 x 12 cm, serão colocados no interior de forma a criar uma estrutura porticada. Quando placado este elemento de parede apresenta uma espessura de 11 cm e uma altura na face exterior de 3 metros.

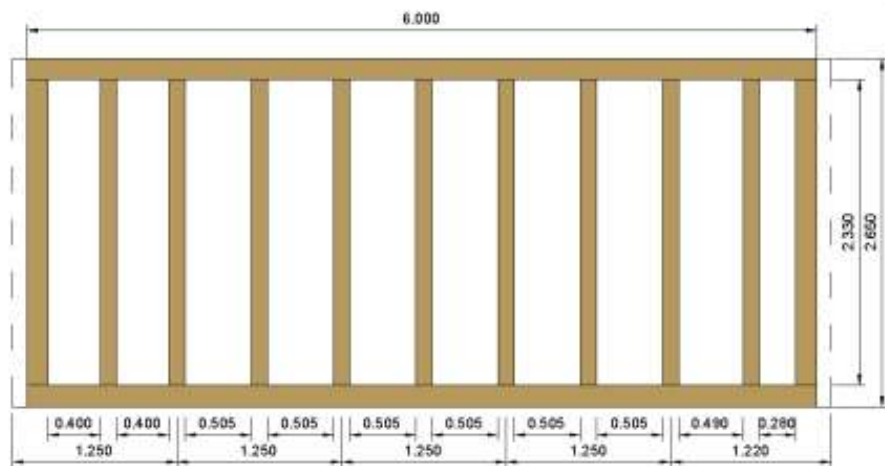


Figura 5.24 – Elemento de parede 1 e 2, constituída por vigas lameladas coladas.

A colocação dos painéis de OSB na face exterior será realizada da esquerda para a direita, prevendo que seja deixado uma margem saliente com 11 cm em ambas as laterais de forma a recobrir totalmente os painéis de parede 3 e 4 que confinam com este. Na face interior os painéis são colocados a partir do meio para as laterais,

utilizando 3 placas inteiras, sendo que as placas a colocar nas laterais produzem um desperdício mínimo. Desta forma, cada placa está também devidamente apoiada a meio por um prumo e nas pontas com um apoio médio de 4 cm. A divisão dos pilares de secção 8 x 12 cm, possibilita ter múltiplas opções de localização dos vãos envidraçados, ou na criação de zonas de passagem para acoplação a outro módulo tipo. O desperdício deste material na face que contata com o interior, é de duas placas com aproximadamente 0,11 x 2,50 m. A necessidade da realização de fechos com 15 cm de altura, permite grandes níveis de aproveitamento. Na face que contata com o exterior, o desperdício será quase inexistente e os fechos com 50 cm de altura, utilizam as placas comerciais na sua totalidade.

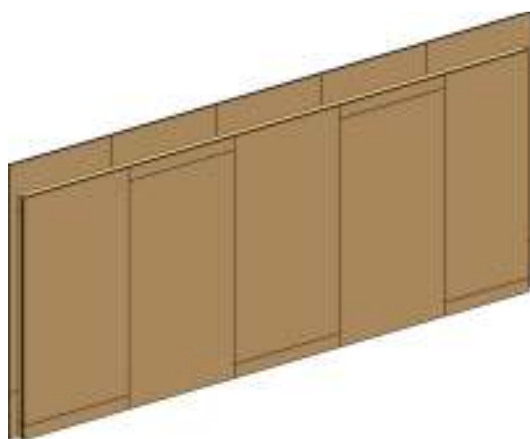


Figura 5.25 – Elemento de parede 1 e 2 revestido a painéis de OSB.

Para reduzir o desperdício das vigas, optamos pela colocação de duas vigas com 6,00 m e uma a secção de 8 x16 cm de forma a aproveitar o máximo de uma viga comercial de 12,00 m. Por sua vez os pilares com 2,33 m com a mesma secção, seguem o mesmo princípio e uma vez que este elemento de parede é realizado em duplicado existe um grande aproveitamento do material. Os pilares com a secção de 8 x 12 cm e um comprimento de 2,33 m, são produzidos a partir de uma viga comercial de 12 m, de forma a obter um melhor aproveitamento do que com a utilização de uma viga de 13,50 m. A elaboração da estrutura pretende reduzir ao mínimo o consumo de material, sendo os sobrantes de pequena dimensão, utilizados para a produção de briquetes, valorizando todo o material.

Na Tabela 5.6, segue uma análise das vigas lameladas coladas utilizadas, bem como os desperdícios resultantes, na produção do elemento de parede. É mencionado as

dimensões dos vários desperdícios, indicando quais são passíveis de reaproveitamento. Grande parte dos desperdícios pode ser utilizada noutros elementos de parede, bem como na elaboração de outros módulos. Uma vez que este elemento é produzido em duplicado, a figura abaixo já contempla o estudo para o módulo de parede 1 e 2.

Tabela 5.6 – Análise dos desperdícios das vigas nas paredes 1 e 2.

Elemento	Painel de parede exterior (1)						
Tipo de Material	Vigas lameladas						
Secção (cm)	10 x 20	16 x 16	8 x 16	8 x 12			
Comprimento (cm)	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350			
	Necessário			Adquirido			Desperdício (cm)
Tipo de Material	Comp. (cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	Aquisição(cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	
Viga 8 x 16 cm	600,00	2,00	1200,00	1200,00	1,00	1200,00	0,00
Viga 8 x 16 cm	233,00	2,00	466,00	1200,00	1,00	1200,00	-734,00
Viga 8 x 12 cm	233,00	5,00	1165,00	1200,00	1,00	1200,00	-35,00
Viga 8 x 12 cm	233,00	4,00	932,00	1200,00	1,00	1200,00	-268,00
Desperdício (cm)							
Qtd.	Un.	Comp. (cm)	Total (cm)				
1 (8x16 cm)	un	734,00	734,00	Reaproveitado na elaboração da parede 2 (Obs 2)			
1 (8x12 cm)	un	35,00	35,00	Produção de briquetes			
1 (8x12 cm)	un	268,00	268,00	Reaproveitado na elaboração parede 4 (Obs 5)			

Elemento	Painel de parede exterior (2)						
Tipo de Material	Vigas lameladas						
Secção (cm)	10 x 20	16 x 16	8 x 16	8 x 12			
Comprimento (cm)	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350			
	Necessário			Adquirido			
Tipo de Material	Comp. (cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	Aquisição(cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	Desperdício (cm)
Viga 8 x 16 cm	600,00	2,00	1200,00	1200,00	1,00	1200,00	0,00
Viga 8 x 16 cm	233,00	2,00	466,00	734,00	(Obs 2)		-268,00
Viga 8 x 12 cm	233,00	5,00	1165,00	1200,00	1,00	1200,00	-35,00
Viga 8 x 12 cm	233,00	4,00	932,00	1200,00	1,00	1200,00	-268,00
Desperdício (cm)							
Qtd.	Un.	Comp. (cm)	Total (cm)				
1 (8x16 cm)	un	268,00	268,00	Pode ser reaproveitado na elaboração de outro módulo			
1 (8x12 cm)	un	35,00	35,00	Produção de briquetes			
1 (8x12 cm)	un	268,00	268,00	Pode ser reaproveitado na elaboração de outro módulo			
Obs (2)	Aproveitamento da viga com 734 cm resultante da parede 1, produz um desperdício de 268 cm.						

Na Tabela 5.7, é realizado o mesmo estudo, mas para os desperdícios dos painéis de OSB. A marcação realizada a vermelho, indica um reaproveitamento que pode ser realizado aquando das restantes placagens. Grande parte dos desperdícios devido à sua dimensão reduzida é utilizada na produção de briquetes. Os desperdícios de maiores dimensões são reaproveitados para a placagem da platibanda, valorizando-se o material na sua totalidade. Importa salientar que devido à uniformização dos elementos modulares, esta análise é semelhante para a parede 1 ou 2.

Tabela 5.7 – Análise dos desperdícios dos painéis de OSB nas paredes 1 ou 2.

Elemento	Painel de parede	
Tipo de Material	Painéis OSB	
Secção/Dimensão (cm)	244 x 122	250 x 125
Comp./ Espessura (cm)	1,5	1,5
Tipo de Material	Aquisição (un)	Desperdício (un)
250 x 125 cm	7,00	0,00
250 x 114 cm	2,00	(2 un) 250 x 11
15 x 125 cm	3,00	205 x 125
15 x 114 cm	2,00	(1 un) 175 x 125 + (1 un) 30 x 11
250 x 122 cm	1,00	250 x 3
50 x 125 cm	4,00	50 x 125
50 x 122 cm	1,00	50 x 3
Desperdício (cm)		
Qtd.	Un.	Dimensão (cm)
2,00	un	250 x 11
1,00	un	175 x 125
1,00	un	30 x 11
1,00	un	250 x 3
1,00	un	50 x 3

- **Elemento de parede**, Figura 5.26 e Figura 5.27: Construída com recurso a vigas lameladas coladas com as secções 8 x 12 cm e 8 x 16 cm e painéis de OSB com 2,50 x 1,25 m. A viga de secção 8 x 16 cm, é colocada na periferia delimitando o elemento de parede, sendo que as vigas com secção 8 x 12 cm, serão colocados no interior de forma a criar uma estrutura porticada. Apresenta uma largura de 3,19 m por uma altura de 2,65 m e uma espessura de 8 cm. Quando placado este elemento de parede apresenta uma espessura de 11 cm e uma altura na face exterior de 3 metros.

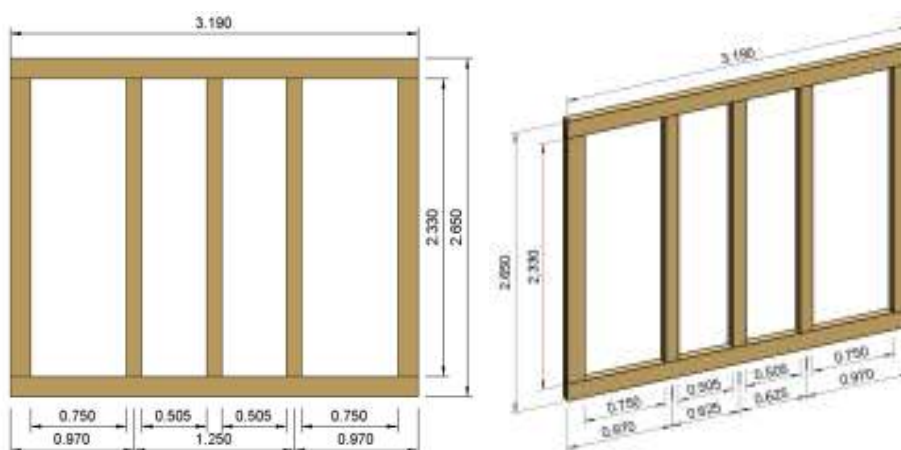


Figura 5.26 – Elemento de parede 3 e 4, constituída por vigas lameladas coladas.

A colocação dos painéis de OSB será realizada do centro para as laterais, para que cada placa esteja devidamente apoiada a meio por um prumo e nas pontas com um

apoio médio de 4 cm. Desta forma poderemos conjugar a colocação de dois tipos de vãos envidraçados, ou criar uma zona de passagem para acoplação a outro módulo tipo. O desperdício deste material na face que contata com o interior, é de duas placas com um 0,33 x 2,50 m. A necessidade da realização de fechos com 15 cm de altura, permite que o sobranter mencionado anteriormente, seja quase totalmente aproveitado. Na face que contata com o exterior, o desperdício será semelhante com a exceção dos fechos, que tem 50 cm de altura de forma que ao acoplar o elemento modular da laje e platibanda, este seja devidamente recoberto por este material. Ao totalizar uma altura de 3,00 metros, existe um aproveitamento total das placas já que estas possuem uma altura comercial de 2,50 m.



Figura 5.27 – Elemento de parede 3 e 4 revestido a painéis de OSB.

Para reduzir o desperdício das vigas, optamos pela colocação de duas vigas com 3,19 m de secção de 8 x 16 cm, de forma a aproveitar o máximo de uma viga comercial de 13,50 m, já que o resultante é utilizado para as duas vigas de secção idêntica mas com 2,33 m de comprimento. Os pilares com a secção de 8 x 12 cm e um comprimento de 2,33 m, são produzidos a partir de uma viga comercial de 12 m, de forma a obter o máximo aproveitamento. A elaboração da estrutura pretende reduzir ao mínimo o consumo de material, sendo os sobrantes de pequena dimensão, utilizados para a produção de briquetes, valorizando todo o material.

Na Tabela 5.8, segue uma análise das vigas lameladas coladas utilizadas, bem como os desperdícios resultantes, na produção do elemento de parede. É mencionado as dimensões dos vários desperdícios, indicando quais são passíveis de

reaproveitamento. Grande parte dos desperdícios pode ser utilizada noutros elementos de parede, bem como na elaboração de outros módulos. Uma vez que este elemento é produzido em duplicado, a figura abaixo já contempla o estudo para o módulo de parede 3 e 4.

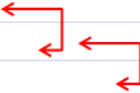

Tabela 5.8 – Análise dos desperdícios das vigas nas paredes 3 e 4.

Elemento	Painel de parede exterior (3)						
Tipo de Material	Vigas lameladas						
Secção/Dimensão (cm)	10 x 20	16 x 16	8 x 16	8 x 12			
Comp./ Espessura (cm)	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350			
Tipo de Material	Comp. (cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	Aquisição(cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	Desperdício (cm)
Viga 8 x 16 cm	319,00	2,00	638,00	1350,00	1,00	1350,00	-712,00
Viga 8 x 16 cm	233,00	2,00	466,00	712,00	(Obs 3)		-246,00
Viga 8 x 12 cm	233,00	3,00	699,00	1200,00	1,00	1200,00	-501,00
Desperdício (cm)							
Qtd.	Un.	Comp. (cm)	Total (cm)				
1 (8x16 cm)	un	246,00	246,00	Pode ser reaproveitado na elaboração de outro módulo			
1 (8x12 cm)	un	501,00	501,00	Reaproveitado na elaboração da parede 4 (Obs 5)			
(Obs 3)	Aproveitamento da viga com 712 cm, produz um desperdício de 246 cm.						

Elemento	Painel de parede exterior (4)						
Tipo de Material	Vigas lameladas						
Secção/Dimensão (cm)	10 x 20	16 x 16	8 x 16	8 x 12			
Comp./ Espessura (cm)	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350			
Tipo de Material	Comp. (cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	Aquisição(cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	Desperdício (cm)
Viga 8 x 16 cm	319,00	2,00	638,00	1350,00	1,00	1350,00	-712,00
Viga 8 x 16 cm	233,00	2,00	466,00	712,00	(Obs 4)		-246,00
Viga 8 x 12 cm	233,00	2,00	466,00	501,00	(Obs 5)		-35,00
Viga 8 x 12 cm	233,00	1,00	233,00	268,00	(Obs 5)		-35,00
Desperdício (cm)							
Qtd.	Un.	Comp. (cm)	Total (cm)				
1	un	246,00	246,00	Pode ser reaproveitado na elaboração de outro módulo			
2	un	35,00	70	Produção de briquetes			
(Obs 4)	Aproveitamento da viga com 712 cm, produz um desperdício de 246 cm.						
(Obs 5)	Aproveitamento da viga com 501 cm resultante da parede 3, produz um desperdício de 35 cm.						
(Obs 5)	Aproveitamento da viga com 268 cm resultante da parede 1, produz um desperdício de 35 cm.						

Na Tabela 5.9, é realizado o mesmo estudo, mas para os desperdícios dos painéis de OSB. A marcação realizada a vermelho, indica um reaproveitamento que pode ser realizado aquando das restantes placagens. Os desperdícios com dimensão reduzida, são utilizados na produção de briquetes. Os de maiores dimensões são reaproveitados para a placagem da platibanda, valorizando-se o material na sua totalidade. Importa salientar que devido à uniformização dos elementos modulares, esta análise é semelhante para a parede 3 ou 4.

Tabela 5.9 – Análise dos desperdícios dos painéis de OSB nas paredes 3 ou 4.

Elemento	Painel de parede		
Tipo de Material	Painéis OSB		
Secção/Dimensão (cm)	244 x 122	250 x 125	
Comp./ Espessura (cm)	1,5	1,5	
Tipo de Material	Aquisição (un)	Desperdício (un)	
250 x 125 cm	2,00	0,00	
250 x 97 cm	4,00	(4 un) 250 x 28	
15 x 125 cm	1,00	(1 un) 125 x 13 + (1 un) 125 x 28) + (3 un) 250 x 28)	
15 x 97 cm	2,00	(1 un) 125 x 13 + (1 un) 28 x 28) + (2 un) 250 x 28) + (1 un) 97 x 13) + (1 un) 153 x 28) + (1 un) 97 x 13)	
50 x 125 cm	1,00	200 x 125	
50 x 97 cm	2,00	(1 un) 100 x 125 + (1 un) 50 x 3	
Desperdício (cm)			
Qtd.	Un.	Dimensão (cm)	
1,00	un	100 x 125	Reaproveitado
1,00	un	50 x 3	Produção de briquetes
1,00	un	125 x 13	Produção de briquetes
1,00	un	28 x 28	Produção de briquetes
2,00	un	250 x 28	Reaproveitado
2,00	un	97 x 13	Produção de briquetes
1,00	un	153 x 28	Reaproveitado

- **Platibanda**, Figura 5.28: Construída com recurso a vigas lameladas coladas com a secção 10 x 20 cm e posteriormente forrada a painéis de OSB com na sua maioria aproveitado do resultante da placagem dos elementos de parede e lajes. Apresenta uma largura de 3,19 m por um comprimento de 6,19 m. Após a sua colocação, será revestido com uma cantoneiras em OSB de forma a recobrir a viga na face interior que contata com a cobertura e o capeamento da mesma.



Figura 5.28 – Platibanda em viga lamelada para posteriormente receber OSB.

Desta forma o módulo fica com uma altura de platibanda de aproximadamente 21,5 cm, que garante estabilidade e proteção aos elementos naturais constituintes da cobertura jardinada. A elaboração de uma orla de 10 cm, no elemento de laje de cobertura, permite a correta acomodação da platibanda.

Para reduzir o desperdício das vigas com secção 10 x 20 cm, optamos pela colocação de duas vigas de 5,99 m, obtendo um desperdício de 2 cm ao utilizar uma viga comercial de 12,00 m. Se optássemos por colocar duas vigas com 6,19 m teríamos um desperdício de 1,12 m já que teríamos que adquirir uma viga comercial de 13,50 m. Desta forma, reduzimos também o desperdício resultante das vigas com a mesma secção de 3,19 m, onde ao utilizarmos uma viga comercial de 13,50 m o sobranço poderá ser incorporado noutro elemento construtivo. O estudo deste desperdício segue na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 – Análise dos desperdícios das vigas na elaboração da platibanda.

Elemento	Platibanda						
Tipo de Material	Vigas lameladas						
Secção/Dimensão (cm)	10 x 20	16 x 16	8 x 16	8 x 12			
Comp./ Espessura (cm)	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350	1200 ou 1350			
Tipo de Material	Comp. (cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	Aquisição (cm)	Qtd. (un)	Total (cm)	Desperdício (cm)
Viga 10 x 20 cm	599,00	2,00	1198,00	1200,00	1,00	1200,00	-2,00
Viga 10 x 20 cm	319,00	2,00	638,00	1350,00	1,00	1350,00	-712,00
Desperdício (cm)							
Qtd.	Un.	Comp. (cm)	Total (cm)				
2 (10x20 cm)	un	2,00	2,00	Produção de briquetes			
1 (10x20 cm)	un	-712,00	70	Pode ser reaproveitado na elaboração de outro módulo			

Todos os elementos de laje e paredes estão formulados para uma correta fixação entre eles, de forma a criar uniões de fácil execução em obra. A placagem com painéis OSB, está formulado de forma a permitir que todos os elementos de vigas lameladas coladas são devidamente recobertas por este material aquando da união dos vários elementos, Figura 5.29.

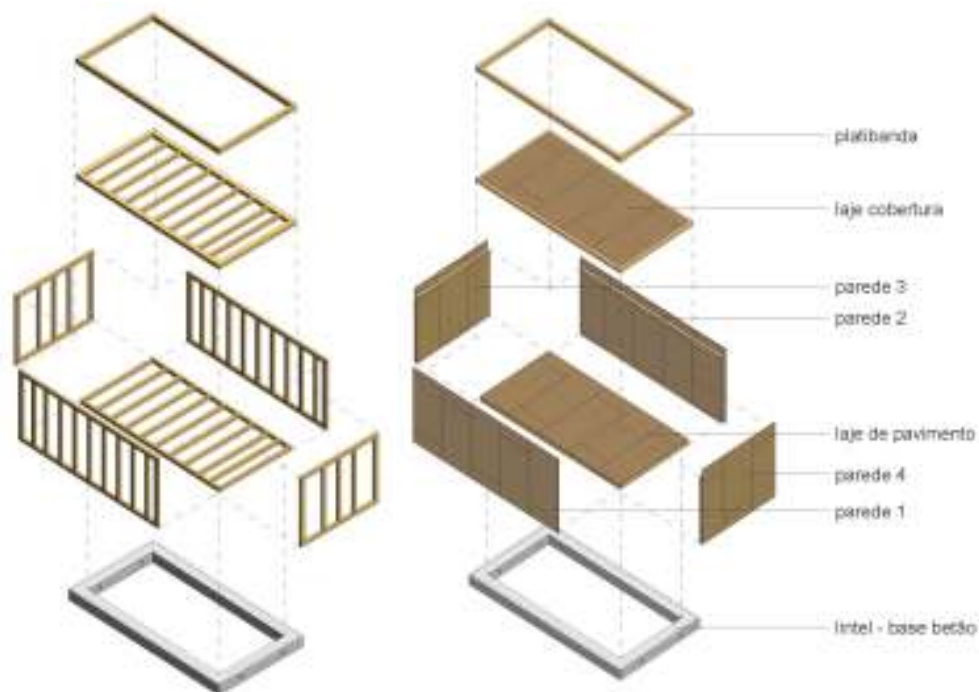


Figura 5.29 – Conjugação e ligação dos vários elementos modulares que constituem o módulo tipo.

Outro dos elementos a realizar são as paredes interiores, que tem o mesmo princípio construtivo e material dos elementos acima mencionados. Será utilizando painéis OSB com 2,44 x 1,22 m (dimensão comercial) e vigas lameladas coladas de secção 8 x 12 cm. Uma vez que a altura interior do módulo é de 2,44 m, a escolha destes painéis não obriga a cortes, reduzindo o tempo de execução. Uma vez que estas paredes não têm função estrutural, na realização do sistema porticado poderemos proceder ao corte das vigas comerciais, obtendo secções de 8 x 6 cm, reduzindo custos na aquisição do material e aligeirando do sistema construtivo. A espessura final das paredes interiores será de 11 cm, estando os prumos verticais afastados 55 cm garantindo que os painéis tenham um apoio a meio e nas pontas um apoio médio de 3 cm, Figura 5.30.

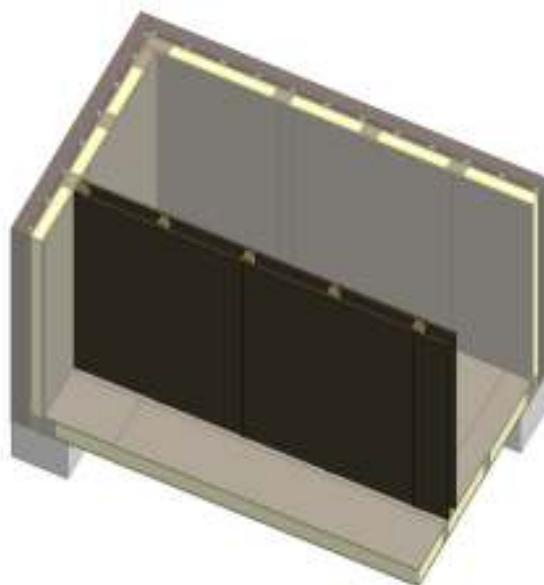


Figura 5.30 – Pormenor de parede interior do módulo tipo.

5.4.3. Parcerias e materiais

Na elaboração da solução técnica acima mencionada, reunimos algumas parcerias com entidades que facultaram informações técnicas valiosas, facilitando a tomada de decisão de grande parte das opções apresentadas. Destacam-se as seguintes empresas e materiais respetivos:

- Multiplacas: Vigas lameladas coladas com certificação PEFC;
- Sonae Industria: Painéis OSB3 com certificação FSC;
- Portilame: Aconselhamento da conjugação dos vários elementos modulares e apoio no dimensionamento;
- Rothoblaas: Sistemas e equipamentos de fixação de vigas lameladas coladas e painéis OSB.

Vigas lameladas coladas com certificação PEFC

O mercado atualmente apresenta um conjunto alargado de secções e comprimentos de vigas lameladas coladas. De salientar no entanto, que grande parte das empresas consultadas ao longo do desenvolvimento deste projeto, apresentavam como principal lacuna a ausência de certificação dos seus produtos. Após uma análise exaustiva de mercado, foi elaborada uma parceria com a empresa Multiplacas, sobre

o acompanhamento de Rui Costa, já que esta reunia todos os parâmetros necessários para respeitarmos as exigências estruturais e ambientais do projeto.

A Multiplacas foi fundada em Dezembro de 1992, tendo como objetivo a comercialização de contraplacados, madeiras e seus derivados. O seu produto alvo é o contraplacado tendo motivado fortes parcerias com vários fabricantes mundiais. Decorrente destas parcerias esta tornou-se numa empresa especializada em contraplacados e também em madeiras nórdicas. A aposta numa política ambiental e de qualidade no serviço, constitui uma decisão estratégica para a competitividade e proteção do meio ambiente, com a seleção dos parceiros de negócio que se regem por políticas ambientais restritas e exigentes tendo como principal objetivo minimizar os impactes ambientais. De salientar que esta empresa importa e comercializa produtos de madeiras provenientes de florestas sustentadas

Esta empresa é representante da gama de produtos MOSSER, comercializando vigas lameladas de abeto com arestas chanfreadas, para execução de estruturas com designação MULTI LAM, Figura 5.31.



Figura 5.31 – Vigas lameladas coladas MOSSER
(Fonte: Multiplacas, 2012).

Este material apresenta certificado de conformidade CE, bem como certificado de madeira estrutural e certificação PEFC. A vasta gama de secções comercializadas e de comprimentos disponíveis, permitem aligeirar os elementos estruturais, oferecendo múltiplas escolhas e facilidade na conjugação e montagem dos vários elementos modulares. Exemplo dessa versatilidade, foram as opções tomadas no

ponto acima, onde foram utilizados estes materiais cujas características técnicas e respetivas certificações se encontram no Anexo 2.

Painéis OSB3 com certificação FSC

Relativamente aos painéis de OSB, a escolha recaiu sobre os painéis de OSB3, devido a ser um painel de aglomerado de partículas longas e orientadas, para utilização estrutural em ambiente húmido. A sua vasta utilização em revestimento de paredes, pavimentos e mobiliário tornou-se uma solução ótima para revestir os elementos estruturais realizados pelas vigas lameladas coladas. O apoio prestado por Adelaide Alves da empresa SONAE INDÚSTRIA, facultou-nos um painel comercial designado por Agepan OSB3 da Tafibra, Figura 5.32.



Figura 5.32 – Agepan OSB3 TAFIBRA (Madeivouga, 2011).

A Sonae Indústria é uma das maiores empresas industriais do sector dos derivados de madeira do mundo. A sua gama de produtos abrange, aglomerado de partículas de madeira (particleboard), MDF (Medium Density Fibreboard), aglomerado de fibras duro (Hardboard) e OSB (Oriented Strand Board). Comercializa ainda produtos e serviços de valor acrescentado como componentes, soluções e sistemas para as indústrias de mobiliário, construção, decoração e para o sector de bricolage. Os laminados decorativos de alta pressão e ainda os produtos químicos (formaldeído, resinas à base de formaldeído e papéis impregnados), fazem parte dos produtos produzidos por esta empresa.

As dimensões e espessura *standard* do painel Agepan OSB3 TAFIBRA, foram determinantes na elaboração estrutural do módulo refletindo-se no desenho e no

afastamento das vigas lameladas coladas, contribuindo para a rigidez e proteção do conjunto.

Este painel apresenta características mecânicas e de resistência em ambientes húmidos muito interessantes, sendo uma boa solução para a aplicação nos elementos modulares de paredes e lajes que contactem com o exterior. De salientar ainda, que este material pode ser usado em cru, pintado ou envernizado.

Este painel cumpre ainda os requisitos da norma FSC sendo submetidos a controlos pormenorizados no que respeita aos princípios da gestão de florestas imposta por esta certificação. O OSB é uma opção eco eficiente utilizando como matéria-prima rolaria de pequena dimensão, proveniente de espécies de madeira de rápido crescimento. As características técnicas e respetivas certificações seguem no Anexo 2.

Dimensionamento

A parceria realizada com a empresa PORTILAME, deveu-se à experiência que esta empresa tem ao nível da construção em madeira, bem como ao seu quadro técnico jovem e dinâmico, que promove a inovação e aposta na investigação.

Esta empresa potencia o uso da madeira como principal material de construção, conjugando a maciça ou lamelada. Oferecem soluções altamente especializadas e moldáveis às exigências de cada cliente, com uma política de valorização humana, com os olhos colocados no futuro. Para além da revenda de madeiras estruturais e de revestimentos, esta empresa produz ainda moradias segundo os princípios da pré-fabricação e da construção modular. O desenvolvimento de produtos como a Wooden Quark, entre outros, Figura 5.33, tornou a PORTILAME como o parceiro ideal no acompanhamento e desenvolvimento dos elementos estruturais, bem como nas verificações de dimensionamento e segurança.



Figura 5.33 – Elementos pré-fabricados em madeira (Fonte: PORTILAME, 2012).

Estas verificações tiveram a colaboração do Eng.º Fernando Santos da PORTILAME, que elaborou cálculos expeditos na verificação da resistência das vigas lameladas coladas à flexão, bem como na determinação dos vãos máximos. Esta situação é extremamente importante de forma a determinarmos os vãos possíveis nas zonas de ligação com outros elementos modulares, ou na largura a adotar ao nível das caixilharias exteriores.

No primeiro dimensionamento, Figura 5.34, analisamos as vigas lameladas coladas de secção 8 x 16 cm, utilizadas no elemento modular de piso e que são solicitadas devido a estarem apoiadas nas extremidades na viga de fundação. Foram realizadas diversas verificações de segurança, nomeadamente a resistência à flexão, tendo sido adotada uma sobrecarga convencional referente à habitação de 2 KN/m². Importa salientar que este cálculo não contemplou a resistência adicional da colocação dos painéis de OSB3, utilizando esta situação como margem de segurança.

Vigota piso

Madeira: GL24h

Classe de Serviço: 2

Duração das acções: Média duração

Estorços

Nsd = 0 kN
Vsd = 2,9943 kN
Msdy = 2,12596 kNm

Secção: Base 80 mm, Altura 160 mm

Verificações - ELU

Flexão (Uniaxial): OK

Corre: OK

Esmagamento no apoio: OK

Reacção: 2,994303 kN

Distância ao bordo livre: 100 mm

Cumprimento sob compressão: 100 mm

Espacamento entre apoios: 2840 mm

Verificações - ELS

Deformação + Vibração: OK

Acções: G = 0,229 kN/m, Q = 1,200 kN/m

Vão = 2,8 m

uinst,g = 0,61 mm
uinst,q = 3,21 mm
uinf = 5,8 mm

Limite: 7,9 mm
Limite: 14 mm

Estorços Situação Normal

Permanentes: Msd = 0,23051 kNm
Sobrecarga: Msd = 1,20984 kNm
Estabilidade: EF = 30 min.

Secção: Base 80 mm, Altura 160 mm

Verificação - Situação de Incêndio

Secção Eficaz: Base 24 mm, Altura 132 mm

Md = 0,83543 kNm

$\sigma_{m,d}$ = 11,99 MPa

$f_{m,d}$ = 27,6

$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$ = 0,43 OK

Figura 5.34 – Análise das vigas lameladas coladas do elemento de piso (Fonte: PORTILAME, 2013)

No segundo cálculo foi analisada a resistência do conjunto produzida pela viga 8 x 16 cm do elemento modular de parede na ligação com a viga de bordadura de 16 x 16 cm do elemento modular de laje de cobertura. Foi adotada um peso próprio de 2 KN/m², de forma a contemplar a situação mais gravosa na cobertura ajardinada de termos um substrato de maior espessura em localizações a sul do país. A sobrecarga utilizada vai de encontro às exigências da legislação, no que concerne às questões de prever a existência de cargas pontuais ou distribuídas para trabalhos de manutenção. A realização deste cálculo determinou que é possível utilizar vãos de caixilharia exterior com 3 m de largura, Figura 5.35.

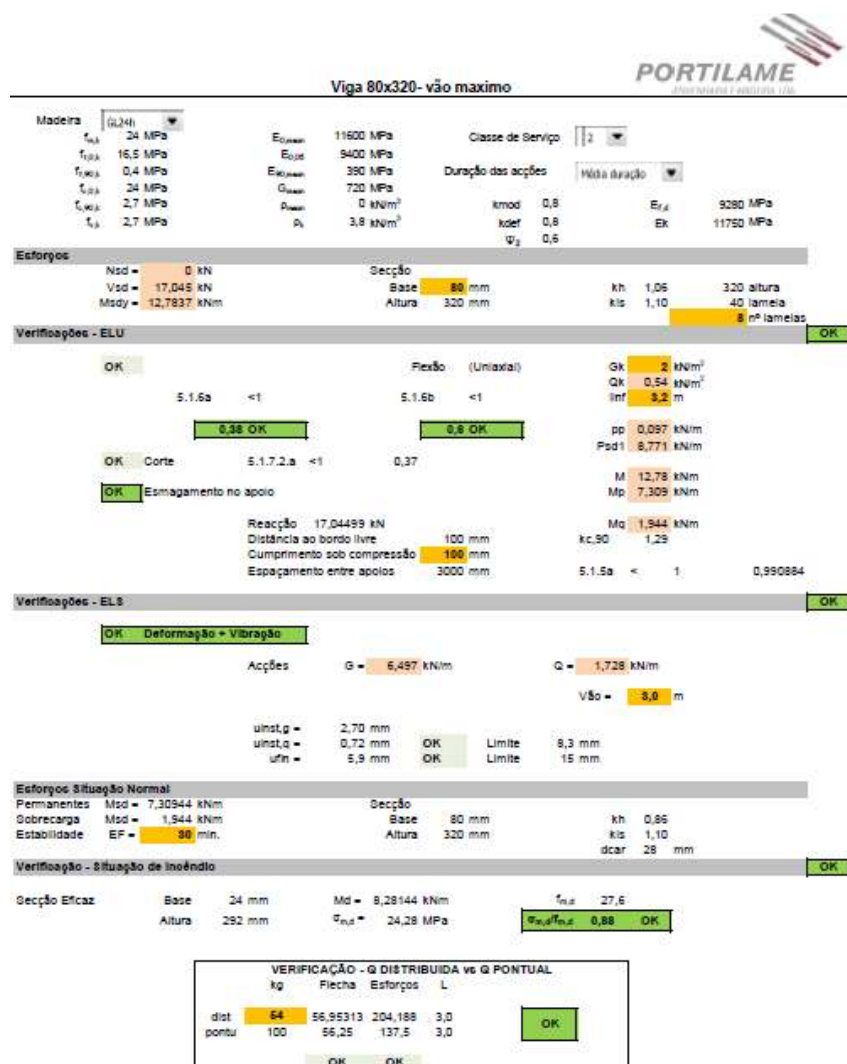


Figura 5.35 – Análise das vigas lameladas coladas na ligação do elemento de cobertura com o elemento de parede (Fonte: PORTILAME, 2013).

O cálculo seguinte, Figura 5.36, analisou a resistência do conjunto produzido pela viga 8 x 16 cm do elemento modular de parede na ligação com a viga de bordadura

de 16 x 16 cm do elemento modular de laje de cobertura, na ligação com uma viga semelhante aquando da ligação de dois módulos. Foi adotada um peso próprio de 2 KN/m², de forma a contemplar a situação mais gravosa na cobertura ajardinada de termos um substrato de maior espessura em localizações a sul do país. A sobrecarga utilizada vai de encontro às exigências da legislação, no que concerne às questões de prever a existência de cargas pontuais ou distribuídas para trabalhos de manutenção. A realização deste cálculo determinou que é possível utilizar vãos de ligação entre módulos com 4,60 m de largura.

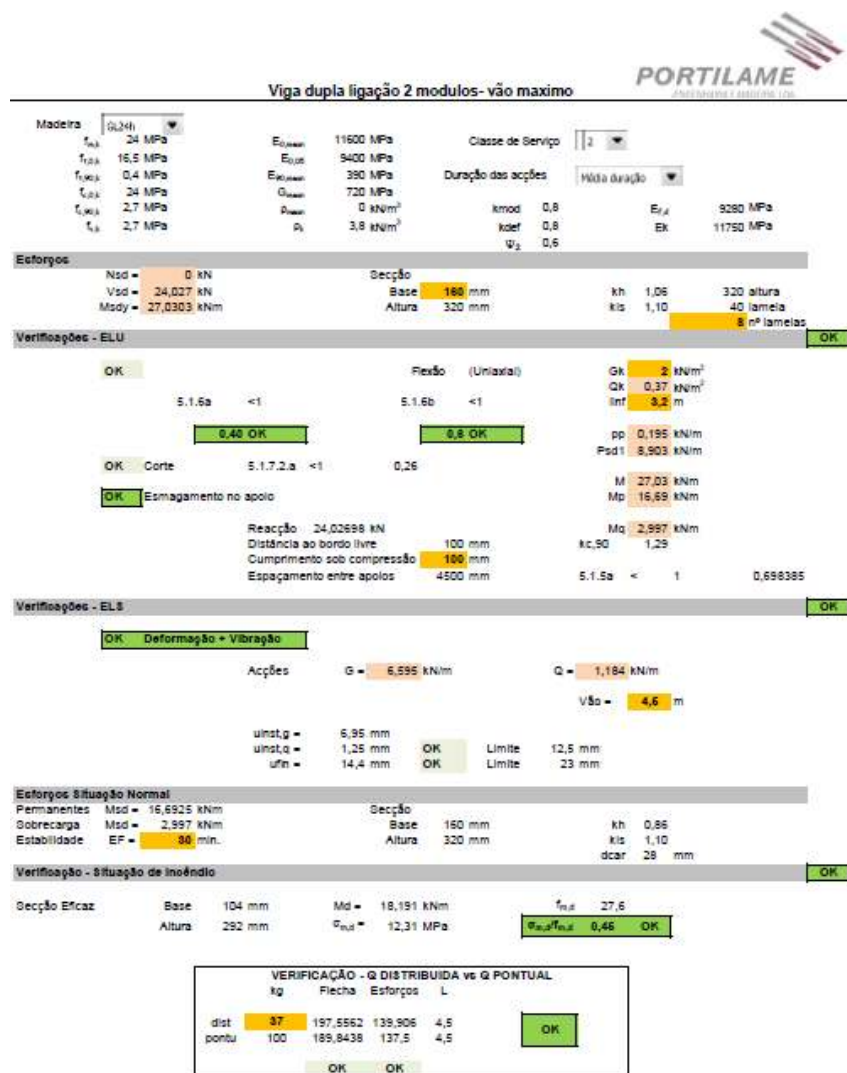


Figura 5.36 – Análise do conjunto de vigas lameladas que perfazem a ligação entre dois módulos (Fonte: PORTILAME, 2013).

Por último, analisamos as vigas lameladas coladas de secção 8 x 16 cm, utilizadas no elemento modular de cobertura e que são solicitadas devido a estarem fixas nas extremidades à viga de bordadura com a secção de 16 x 16 cm, Figura 5.37. Foram

realizadas diversas verificações de segurança, nomeadamente a resistência à flexão, adotando um peso próprio de 2 KN/m^2 , de forma a contemplar a situação mais gravosa na cobertura ajardinada de termos um substrato de maior espessura em localizações a sul do país. A sobrecarga utilizada vai de encontro às exigências da legislação, no que concerne às questões de prever a existência de cargas pontuais ou distribuídas para trabalhos de manutenção.

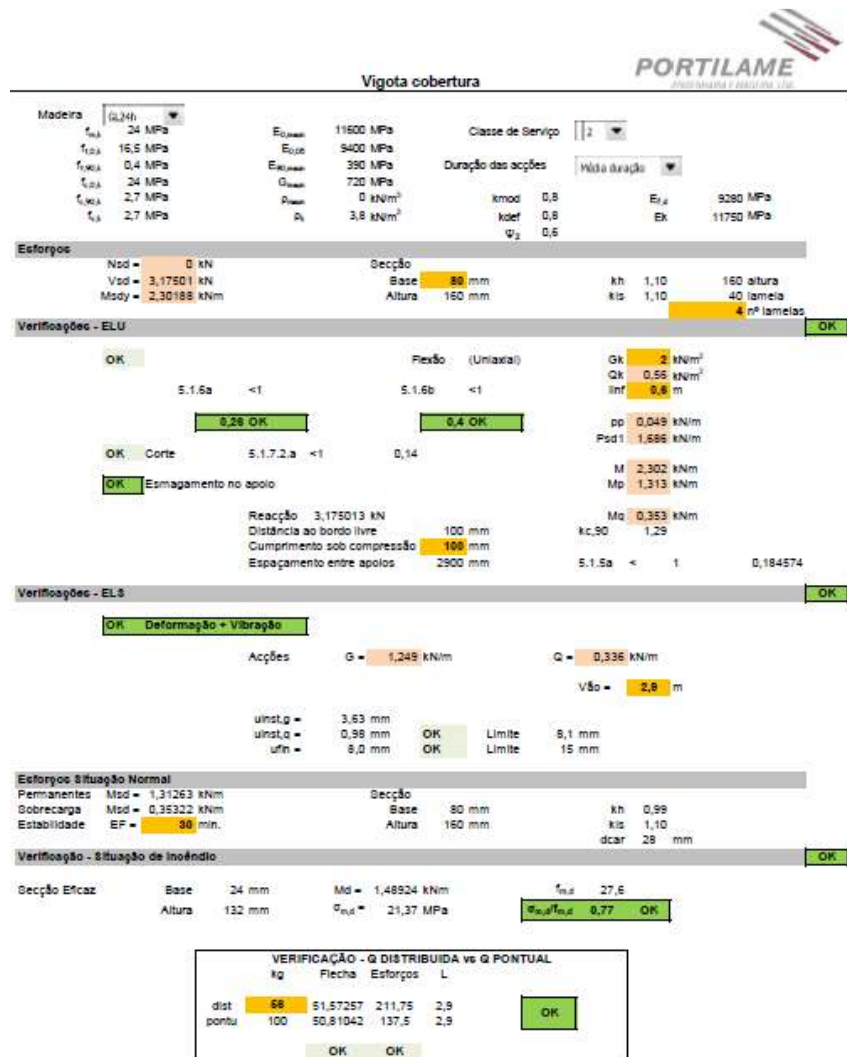


Figura 5.37 – Análise das vigas lameladas coladas do elemento de cobertura (Fonte: PORTILAME, 2013).

Importa salientar que estes cálculos não contemplam a resistência adicional da colocação dos painéis de OSB3, utilizando esta situação como margem de segurança.

Sistemas de fixação

De registar ainda que os sistemas de fixação das vigas lameladas e dos painéis OSB3, deverão ser da marca ROTHOBLAAS. A sua vasta gama de produtos, apresenta uma enorme qualidade técnica que se reflete na normalização dos seus produtos, Figura 5.38. A vasta experiência desta empresa em soluções construtivas em madeira, dotou-a de soluções técnicas de vanguarda, resistentes e funcionais.



Figura 5.38 – Marcação CE da gama de produtos de fixação (Fonte: Rothoblaas, 2012).

Os resultados obtidos nestas verificações, provam que as opções tomadas aquando da realização dos elementos modulares resultam no seu conjunto, permitindo vãos máximos bastante razoáveis e que conferem espaços amplos e acessos bastante funcionais. Este cálculo utilizou sobrecargas regularmente utilizadas nestes tipos de dimensionamentos, sendo que em alguns casos foram ligeiramente aumentados no sentido de possuímos uma margem de segurança que nos garanta um elemento construtivo seguro e estável.

5.5. Cobertura Ajardinada

5.5.1. Enquadramento

Desde cedo que o homem na sua busca pela sobrevivência e subsistência, teve necessidade de se fixar nos locais onde os recursos naturais abundavam. Essa fixação obrigou à criação de habitação, que deveria ter como principal objetivo a proteção dos seus utilizadores contra os fatores naturais, como o calor e as intempéries. A madeira sendo um elemento de acesso fácil tornou-se portanto o material utilizado na realização das primeiras estruturas, cujos indícios remontam do tempo dos egípcios e

foram sofrendo diversas evoluções até aos nossos dias, através da experimentação bem como do desenvolvimento das ciências e das artes. *“Ao longo do tempo, a história assinala diversos períodos arquitectónicos, cada um deles definido por intermédio de aspectos específicos, inerentes ao período em si ou decorrentes da evolução que se experimentava, com maior ou com menor velocidade”* (Oliveira, 2009).

A introdução de materiais como o aço e o betão a partir do séc. XIX, contribuiu também para essa mesma evolução construtiva, surgindo as primeiras coberturas planas (Heneine, 2008), ou a criação de soluções técnicas mais arrojadas, cuja madeira e cantaria não tinha permitido até esse momento. Apesar da utilização generalizada destes novos materiais a partir da segunda guerra mundial, a existência de um enorme parque edificado com coberturas em madeira, obrigou que existisse uma aposta clara no desenvolvimento de produtos de madeira, sistemas de fixação, bem como estudo e aprofundamento das características mecânicas e físicas (Lopes 2007).

A importância que a cobertura assume no conjunto, faz com que o desenvolvimento de soluções e a escolha dos materiais, seja realizada de forma cuidada e adaptada as exigências do local. Para além da proteção contra os fatores naturais, a cobertura assume um papel estético e utilitário muito importante, através de sistemas de impermeabilização e isolamento térmico e acústico.

De forma muito sumária, as coberturas podem ser classificadas quanto à sua pendente, como cobertura em terraço, ou cobertura inclinada, quando a sua inclinação ultrapassa os 8%. Na cobertura em terraço, esta poderá ser acessível, com acessibilidade limitada, não acessível, ou ajardinada, podendo ter inúmeros revestimentos desde lajetas ao godo. As coberturas inclinadas, podem apresentar diversas inclinações com sistema de uma água, até sistemas de quatro águas, normalmente forradas a telha cerâmica e que são uma característica comum de muitos edifícios em Portugal. A inclinação poderá ser realizada com um sistema de vigamento ou com recurso a asnas, em madeira ou metal, bem como através de laje aligeirada ou de betão armado. Estas diversas soluções, fazem com que a estrutura da cobertura seja classificada como descontínua (asnas, madres, ripas), contínua (lajes

de betão armado, forros de madeira) ou com revestimentos autoportantes (cascas de betão, cascas metálicas) (Ferreira, 2006).

Face ao tema desta dissertação, a solução de cobertura que pretendemos analisar com mais cuidado é a cobertura ajardinada. Segundo Palha (2012), Os primeiros registos de jardins em coberturas e telhados aparecem nas antigas civilizações do rio Tigre e Eufrates. Como exemplo temos os jardins suspensos da Babilónia no século 7 e 8 antes de Cristo. Os Romanos também desenvolveram este conceito em alguns dos seus edifícios. No entanto só o aparecimento de modernas técnicas de construção e instalação permitiram o alargamento da aplicação deste tipo de ajardinamento. O surgimento desta solução de cobertura, surge na Europa, em 1868, na Exposição Mundial de Paris, onde foi apresentado um edifício modelo com uma cobertura ajardinada. Na mesma cidade em 1903, surge um bloco de apartamentos cujo telhado plano foi ajardinado, por sua vez nos Estados Unidos, em 1914, em Chicago, é aplicado esta solução num restaurante com um jardim na cobertura.

“O arquitecto Le Corbusier foi talvez o primeiro, a partir de 1920, a utilizar as coberturas ajardinadas de forma sistemática embora, apenas, quando projectava edifícios de elite para clientes ricos. O mais famoso jardim de cobertura, que ainda existe, construído em 1938, para o armazém Derry and Toms, localiza-se em Londres. É um jardim com cerca de 6000 m² onde se podem encontrar lagos, pontes, caminhos, árvores, arbustos, zonas de estadia, e até alguns elementos escultóricos”(Palha, 2012).

Quando falamos de coberturas ajardinadas, podemos diferenciar em dois tipos distintos como sendo a cobertura ajardinada intensiva e a cobertura ajardinada extensiva, existindo mediante os autores culturas semi-intensivas e semi-extensivas que partilham de alguns aspetos dos dois tipos acima mencionados. Segundo Heneine (2008), a cobertura ajardinada intensiva, devido ao tipo de vegetação utilizada, obriga a maior manutenção, através da rega, poda, colocação de fertilizantes, etc.. Este tipo de cultura, cria uma proteção dos edifícios e construções afins, protegendo inclusive a impermeabilização de forma duradoura relativamente aos efeitos prejudiciais externos, formando uma camada térmica adicional, com a vantagem de um belo efeito paisagístico. Uma vez que este tipo de cobertura

ajardinada poder contemplar pequenas plantas, arbustos e até árvores, necessitam de alturas de substrato maiores, que se situam entre os 15 e os 21 cm.

“As coberturas ajardinadas intensivas apresentam umas condições de distribuição e aproveitamento comparadas as de qualquer jardim ao ar livre” (Heneine, 2008).

A cobertura ajardinada extensiva, contrariamente à anterior não requer cuidados constantes ou especiais, com uma manutenção mínima para seu desenvolvimento.

Devido a utilizar plantas rasteiras ou gramíneas de enorme resistência, a camada de substrato geralmente apresenta alturas mais reduzidas entre os 10 cm ou menos, reduzindo portanto o peso próprio sobre a estrutura.

Necessita de uma camada drenante e retentora de água, que permite eliminar a água em excesso, mas mantendo os níveis de humidade necessários ao desenvolvimento da vegetação, bem como uma membrana filtrante, de forma a reter os finos do substrato (Heneine, 2008).

“Se empregam plantas (de tipo Sedum aromáticas e combinações de gramíneas) que são capazes de se adaptarem de forma satisfatória a secas extremas” (Heneine, 2008).

A utilização crescente desta solução em países da Europa central, (Palha, 2012), é um sinal que os benefícios existentes superam as desvantagens que possam estar associadas. De facto as desvantagens desta solução, apenas se refletem ao nível da degradação dos materiais devido ao crescimento das raízes, da manutenção existente, do custo inicial na sua execução, das sobrecargas na estrutura ou da necessidade de mão-de-obra especializada (Engenharia e Construção, 2011). No entanto o desenvolvimento técnico dos materiais incorporados, tem reduzido substancialmente os custos desta solução, bem como a utilização de telas anti raízes tem reduzido o impacto negativo que anteriormente era provocado pelas raízes. A utilização de coberturas ajardinadas extensivas, com substratos de pequena altura, bem como utilização de plantas tipo sedum, mitigou a necessidade de manutenção ou de reforço estrutural devido às sobrecargas. De facto a utilização de mão-de-obra especializada, é uma necessidade, que poderá ser vista como uma mais-valia da garantia e durabilidade do sistema.

Na Figura 5.39, é apresentado um esquema generalizado de uma cobertura ajardinada, onde a evolução deste sistema e dos materiais aplicados, tem como objetivo reproduzir as condições ótimas para a manutenção da vegetação.

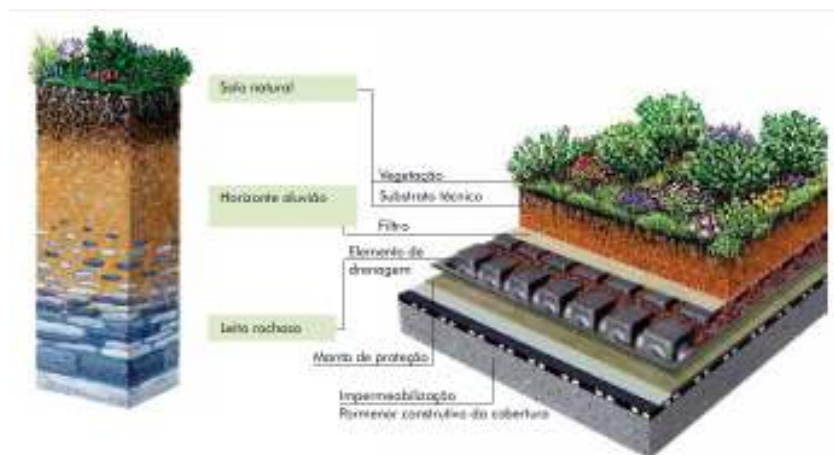


Figura 5.39 – Esquema da reprodução da natureza nas coberturas (Fonte: Guia de planificação da empresa Zinco, 2012).

Segundo Palha (2012), como principais vantagens deste sistema temos o aumento significativo da área verde em contexto urbano e a consolidação da sua estrutura ecológica. Importante papel na integridade e sustentabilidade dos sistemas de drenagem urbana aumentando a capacidade de retenção de água e diminuindo o risco de inundações. Redução do impacto negativo da massificação das estruturas construídas em meio urbano, aumento da atividade fotossintética que implica: aumento na produção de oxigénio, maior reciclagem de dióxido de carbono e redução no efeito de estufa. Aumento da biodiversidade e dos nichos ecológicos promovendo o seu equilíbrio, absorção/redução da poluição sonora, absorção/filtragem de gases poluentes e de partículas em suspensão na atmosfera. Promoção ainda da redução da ilha de calor, prevenindo o risco de incêndio, já que as composições florísticas incluem plantas suculentas que retardam a propagação do fogo. Contribuição para o isolamento térmico do edifício. A produção hortícola pode também ser uma vantagem, assim como a promoção de emprego. A existência de pacotes de incentivo à utilização deste tipo de coberturas pode ser ainda uma mais-valia na consideração desta solução técnica.

5.5.2. Solução adotada

A cobertura do módulo tipo apresenta como dimensões base uma largura de 3,00 metros por 6,00 metros de comprimento, Figura 5.40. A platibanda apresenta uma altura de 20 cm. Conforme já apresentado no subcapítulo da Estabilidade, a laje de cobertura é realizada por vigas lameladas coladas, placadas com painéis de OSB3, apresentando uma espessura de 19 cm. O painel de OSB3 que contata com o exterior, tem uma inclinação de 2% de forma a facilitar o escoamento e drenagem das águas pluviais, sendo que cada módulo tem dois ralos de saída para águas pluviais com 90 cm de diâmetro.

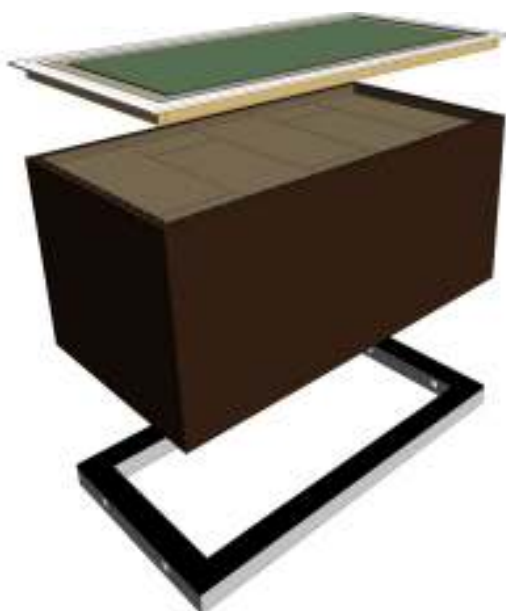


Figura 5.40 – Conjugação da cobertura ajardinada com o módulo tipo.

Relativamente ao tipo de cultura, esta é uma cobertura ajardinada extensiva, de forma a reduzir os custos de manutenção, bem como as alturas de substrato. Uma vez que a solução passa pela colocação de isolamento térmico sobre a impermeabilização, a camada colocada por cima deste deve ser permeável ao vapor, permitindo uma melhor dispersão da humidade. Isto significa, que devemos evitar utilizar uma manta que retenha água, ou utilizar tela anti-raíz, já estas vão prejudicar essa mesma permeabilidade. Neste caso, a tela anti-raíz é substituída por uma membrana de impermeabilização resistente a este nível e a manta de retenção de água será substituída por uma tela de separação e deslizamento, cuja face em contato com o isolamento é permeável ao vapor e impermeável na face em contato com os

elementos de drenagem. A perda da capacidade de retenção de água, por não se utilizar manta de retenção, é compensada por uma camada de substrato mais profunda e/ou instalando um sistema de rega adicional. O esquema de cobertura ajardinada com utilização de Sedum, requer a seguinte solução técnica de preparação da base, mencionada também em termos de substratos na Figura 5.41:

1. Impermeabilização com características anti-raíz;
2. Isolamento térmico com 4 cm;
3. Tela de separação e deslizamento;
4. Elementos de drenagem;
5. Filtro de separação do substrato com a zona de drenagem;
6. Substrato técnico para Sedum com 8 cm;
7. Sedum (tapete, plantação).

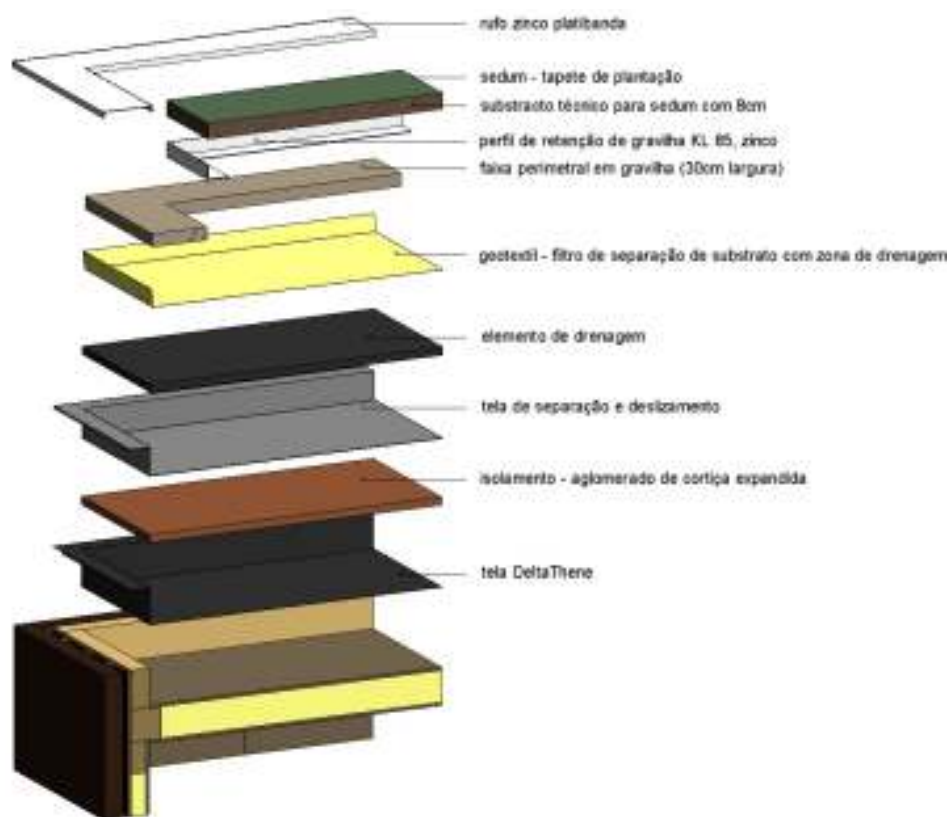


Figura 5.41 – Esquema construtivo da cobertura do módulo tipo.

Importa ainda referir que a altura da platibanda, permite comportar as alturas necessárias de substrato mediante a localização nacional do projeto. Essa variação surge devido às diferenças de pluviosidade em Portugal continental, garantindo a

retenção de humidade através do aumento da espessura dos substratos. Na Tabela 5.11, seguem as alturas exigidas mediante a localização do nosso projeto.

Tabela 5.11 – Altura de substratos mediante a localização e as respetivas cargas (Fonte: Neoturf, 2012).

Localização	Altura do substrato técnico de Sedum (cm)	Carga exercida em sistema saturado (KN/m ²)	Carga mínima adicional para questões de fiscalização e manutenção (KN/m ²)
A Norte do Douro	8	1,31	1
Entre Douro e Tejo	10	1,63	1
A Sul do Tejo	12	1,96	1

A realização das coberturas ajardinadas deverão seguir as normas técnicas e tecnológicas descritas no documento NTJ 11/ Guidelines Greenroofs 2002 FLL. Deverão ser também cumpridas todas as normas, legislação e consequentes procedimentos, que regulam os trabalhos de construção, nomeadamente os trabalhos de construção em altura.

O sistema da cobertura ajardinada proposta, não é intrusivo, ou seja nenhuma fixação será colocada, evitando-se assim qualquer contacto e dano das camadas de impermeabilização base do edifício. Este sistema atua portanto como uma proteção ao sistema de impermeabilização, contemplando todas as vantagens ambientais mencionadas acima.

Aquando dos inícios dos trabalhos a cobertura ajardinada, deverá apresentar-se limpa e isenta de qualquer entulho de obra ou lixos. Terminada a piquetagem deverá ser distendida sobre a tela de impermeabilização, a tela de proteção anti-raiz devidamente dobrada até ao capeamento da platibanda. Será colocado o isolamento térmico seguido da tela de separação e deslizamento.

Seguidamente devem colocar-se os elementos de drenagem sobre os quais se deve instalar as caixas de controlo e fiscalização sobre as saídas de água, seguindo-se o filtro de separação. Este filtro de separação deverá dobrar também sob o rufo de acabamento.

Posteriormente deve colocar-se o perfil de retenção de gravilha e perfazer os 30cm disponíveis com gravilha de rio 7/11mm.

Numa fase posterior deverá espalhar-se o substrato técnico para Sedum, com uma espessura final de 8cm. Uma vez terminada esta operação deverá regularizar-se o terreno, de forma a respeitar a espessura final e instalar-se o sistema rega gota-a-gota enterrado. É necessário ainda a existência de um ponto de água e de um ponto de luz, na cobertura para os trabalhos de rega e manutenção posteriores.

Finalizada a instalação do sistema gota-a-gota enterrado pode instalar-se o tapete de Sedum. Se o tapete for sujeito a transporte prolongado (mais de 1 hora), deverá ser transportado em câmara frigorífica. Chegado à obra deverá ser de imediato desenrolado e instalado o mais rapidamente possível. O tapete deverá ser instalado, após uma rega de arrefecimento da superfície do solo, caso se faça a instalação durante época quente.

As coberturas extensivas ajardinadas do tipo Sedum, requerem em média e em condições normais, duas a três visitas anuais para:

- Verificação e fiscalização das caixas das saídas de água da cobertura ajardinada;
- Monda manual de espécimes do tipo infestante;
- Incorporação de 20g/m² de adubo específico para Sedum.

No clima mediterrânico é aconselhável a instalação de um sistema de rega em coberturas ajardinadas extensivas. Deverá ser dada uma especial atenção, durante o período de instalação da vegetação (três primeiros meses). Progressivamente a rega deverá ser reduzida até, em condições ideais, um mínimo de uma rega/ mês durante a época de seca, Figura 5.42. A rega deverá ser gerida de acordo com as necessidades da vegetação.

PERÍODO	TIPO DE REGA	PERIODICIDADE	DURAÇÃO
1ª a 4ª semana	Rega manual + gota-a-gota	1 x por dia	Rega total + 10 min
4ª a 8ª Semana	Gota-a-gota	1 x por dia	25 min
3º ao 6º Mês	Gota-a-gota	4 x por semana	25 min
7º Mês ao 12º Mês	Gota-a-gota	3 x por semana	25 min
Verão	Gota-a-gota	3x por semana se necessário	25min

Figura 5.42 – Esquema de rega em coberturas ajardinadas extensivas (Neoturf, 2012).

5.5.3. Parcerias e materiais

Na elaboração da solução técnica acima mencionada, contamos com a parceria da empresa Neoturf sobre o acompanhamento da Arq.^a Élia Ferreira, cujas indicações técnicas foram determinantes na solução adotada, bem como no aconselhamento dos materiais a colocar.

Esta empresa líder no sector, iniciou a sua atividade em 1999 dedicando-se à prestação de serviços especializados nas áreas de arquitetura paisagista com projeto, consultoria, avaliação e fiscalização. Participa ainda na construção e manutenção de espaços verdes, na instalação, projeto e manutenção de sistemas de rega e de coberturas ajardinadas. A Neoturf encontra-se organizada em dois departamentos, técnico e de produção, sendo que no primeiro existe uma equipa multidisciplinar formada por agrónomos e paisagistas, que desenvolve trabalho de projeto, acompanhamento e fiscalização de empreitadas. O segundo departamento, é composto por equipas de campo, coordenadas pelo departamento técnico que executam instalações, construções e manutenções.

Os materiais selecionados fruto desta parceria, são da marca ZINCO e LANDLAB, sendo produtos de grande qualidade, cuja aplicação já foi largamente aplicada surtindo efeitos bastante eficientes, tornando esta solução técnica bastante apetecível.

A solução em análise, contempla previamente a aplicação de uma impermeabilização com característica anti-raiz, bem como a existência de isolamento térmico com 4 cm

de espessura, em sistema de cobertura invertida. Ambos os materiais são posteriormente abordados nos capítulos de isolamentos e impermeabilizações.

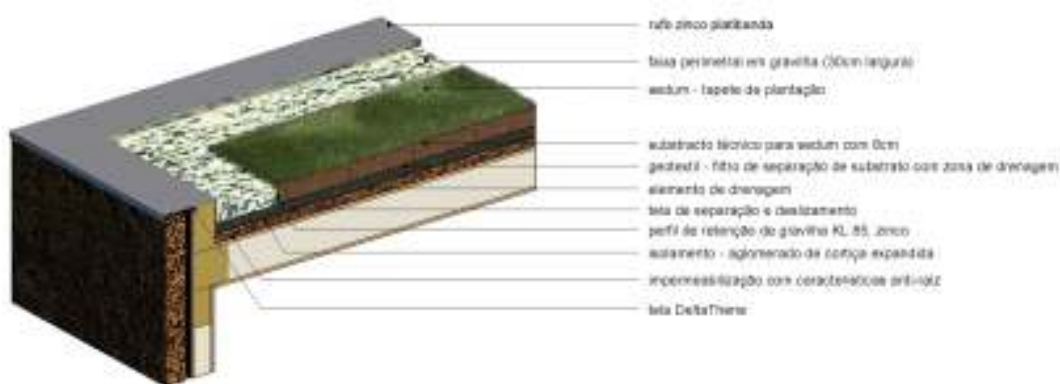


Figura 5.43 - Pormenor construtivo da cobertura ajardinada.

O esquema de aplicação inicia-se com a colocação de uma tela de separação e deslizamento sobre o isolamento térmico, com a designação TGV 21, Figura 5.44. Este é um filtro permeável ao ar e ao vapor, hidrófobo, termofixado de polipropileno; química e biologicamente neutro; tolerante ao betuminoso e poliestireno; resistente a ácidos; apto para difusão de vapor ($S_d \leq 0,01$ m); cor preta; espessura aproximada 0,55 mm; peso aproximado 80g/ m².



Figura 5.44 – Tela de separação e deslizamento TGV 21 (Fonte: Zinco – Netoruf, 2012).

Os elementos de drenagem, colocados sobre esta tela têm a designação comercial de Floradrain FD 25-E, Figura 5.45. Este material fabricado em polietileno reciclado injetado em profundidade, com cavidades para a retenção de água, perfurações para a

ventilação e difusão, assim como sistema de canais contínuo no lado inferior, homologado DIN 4095, resistente ao betuminoso; estável a cargas aproximadas de 250 KN/m^2 , volume aproximado de armazenamento de água 17l/m^2 ; peso aproximado $1,5 \text{ Kg/m}^2$; altura aproximada igual a 25mm.



Figura 5.45 – Elementos de drenagem Floradrain FD 25-E (Fonte: Zinco – Netoruf, 2012).

A separação do substrato com a zona de drenagem, é realizado pelo Filtro sistema SF, Figura 5.46. Este filtro é constituído por polipropileno termosoldado sendo utilizado como manta filtrante sobre os elementos de drenagem para uma tensão e estiramento normal. É endurecido termicamente, resistente à putrefação, respeita a norma EN ISO 12236, pertence à 2.^a classe de resistência e apresenta uma gramagem de 100g/m^2 . Não tem proteção UV, sendo um material neutro em termos biológicos e químicos, de fácil aplicação, resistente à decomposição, resistente e com alta permeabilidade.



Figura 5.46 – Filtro sistema SF (Fonte: Zinco – Netoruf, 2012).

Sobre este filtro será colocado o substrato técnico para sedum da Landlab, Figura 5.47. Desenvolvido segundo as normativas FLL alemãs (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau), constituído por componentes especiais com base mineral, que lhe conferem uma textura meia-grossa, capilaridade e drenagem elevadas e equilibradas. Este substrato caracteriza-se por apresentar uma elevada componente mineral, isento de parasitas, espécies infestantes e germes fito patogénicos e com grande resistência estrutural, com um peso do substrato saturado de água aproximadamente 993Kg/m³.



Figura 5.47 – Substrato técnico para Sedum – Landlab (Fonte: Landlab – Netoruf, 2012).

A última fase deste processo, é a aplicação do tapete de Sedum da Landlab, Figura 5.48, que é 100 % biodegradável. É produzido numa manta de fibra de coco, com uma camada de substrato e com 11 variedades possíveis. O tapete de sedum é produzido com o objetivo de se reduzir o tempo de instalação de uma cobertura ecológica/cobertura ajardinada. O aspeto no final de obra é de uma vegetação uniforme sem qualquer falha ou espaço vazio.



Figura 5.48 – Tapete de Sedum - Landlab (Fonte: Landlab – Netoruf, 2012).

Importa ainda mencionar algumas das vantagens da escolha do tapete de sedum Landlab, já que este garante um verde instantâneo, é isenta de infestantes, atrativo visualmente e no momento de instalação tem 85% de vegetação garantida. Apresenta-se como uma solução leve devido à necessidade de uma camada de substrato reduzido (a partir de 6cm), sendo resistente às diversas condições climáticas e totalmente biodegradável. A sua aplicação é adequada para quase todos os tipos de coberturas, contribuindo para o isolamento térmico no Verão e no Inverno bem como para o isolamento sonoro.

Os tapetes de sedum permitem portanto obter imediatamente uma cobertura ecológica/ajardinada madura, ou cobertura de solo, com reduzida necessidade de manutenção e rega. A utilização dos tapetes de sedum tem vantagens tremendas, uma vez que permitem o reaproveitamento das águas da chuva, com uma retenção de aproximadamente 50% (dependendo das diferenças regionais) proporcionando uma poupança energética substancial.

Importa ainda salientar os equipamentos complementares a este sistema, nomeadamente o perfil de retenção de gravilha KL85 e respetivos conetores de juntas, a gravilha de rio, o sistema de rega gota-a-gota enterrado e a caixa de controlo e fiscalização KS12. O perfil de retenção é um perfil angular em forma de L em alumínio reciclado, com uma ala de apoio de 100mm, onde os conectores com 85mm de altura servem para junção das peças do perfil, Figura 5.49. A gravilha, material inerte, deverá apresentar arestas arredondadas e apresentar uma granulometria compreendida entre 7 a 11mm.

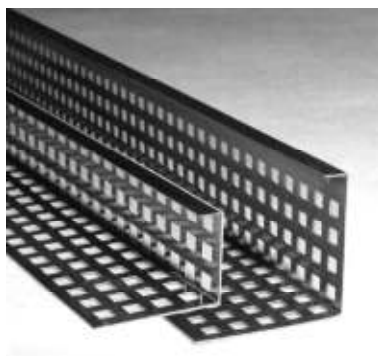


Figura 5.49 – Perfil de retenção de gravilha KL85 (Fonte: Zinco – Netoruf, 2012).

O sistema de rega a instalar será executado com tubo tipo Netafim, modelo Unitechline preto, antidrenante (CNL), autocompensante, com um débito de 2.3l/h por gotejador e com um espaçamento de 33x33cm entre gotejadores. A caixa de controlo e fiscalização KS12, são fabricadas em chapa de aço galvanizado, recoberto por plástico com ranhuras laterais para passagem de água. São instaladas sobre o elemento de drenagem ou diretamente sobre a manta protetora da impermeabilização. Dispõe de uma tampa de chapa de aço termo-isolada, estável á pressão e adaptada a todos os tamanhos de tubos de queda. Tem um peso aproximado de 3 kg; com uma cobertura de 250 mm x 250 mm e flange com aproximadamente 500 mm x 500 mm.

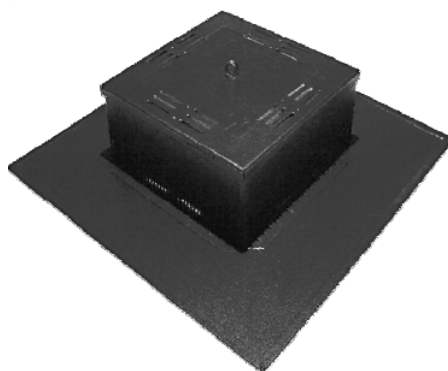


Figura 5.50 – Caixa de controlo e fiscalização KS12 (Fonte: Zinco – Netoruf, 2012).

No Anexo 3 e como complemento a este capítulo, seguem as fichas técnicas dos materiais mencionados, contendo todas as características técnicas e dimensões *standard*.

5.6. Caixilharias

5.6.1. Enquadramento

A caixilharia assume um papel preponderante numa habitação. É através desta que se cria uma ligação com o exterior assumindo as funções determinantes ao nível da estética e da proteção relativamente aos elementos naturais. Atualmente os materiais mais comuns na construção em Portugal, são o alumínio, o PVC (policloreto de vinil) e a madeira, principalmente ao nível dos edificios dos centros históricos. Portugal,

apesar da sua história arquitetónica e de inúmeros edifícios com caixilharias em madeira, não regista muitos estudos desenvolvidos sobre este tema, sendo as edições existentes restritas ou parcelares e portanto de difícil acesso.

“Destaca-se, pelo seu contributo disciplinar, o trabalho de Sérgio Gamelas (e outros) intitulado “Caixilharias (Projecto MEREC / Sector da Construção), editado conjuntamente pela Câmara Municipal da Guarda e pela Comissão de Coordenação da Região Centro, uma pequena publicação sobre a forma de melhorar o desempenho da caixilharia tradicional”. Neste trabalho, foram caracterizadas diversas caixilharias tradicionais pelo levantamento geométrico e pormenorização construtiva sendo apresentadas soluções de novas caixilharias com desenho/geometria muito próxima do original (Lopes, 2006).

Segundo Lopes (2007), a escolha do tipo de caixilharias a aplicar deve ter como base alguns parâmetros que devem ser analisados de forma cuidada. Destacam-se os seguintes:

- Permeabilidade ao Ar – numa situação de vento forte pouco frequente, a permeabilidade ao ar das janelas deve ser limitada de forma a não promover, por hora, uma renovação do ar superior ao volume do compartimento onde está instalada;
- Estantidade à Água – as janelas devem permanecer estanques à água quando são sujeitas à ação simultânea do vento e da chuva em condições correntes;
- Resistência e Deformação ao Vento – de acordo com a metodologia subjacente ao RSA (*Regulamento de segurança e acções para estruturas de edifícios e pontes* - Decreto-Lei 235/83 de 31 de Maio), preconiza-se a verificação da segurança das janelas relativamente a um estado limite de utilização e ao estado limite último;
- Capacidade de isolamento térmico – regular o fluxo de entrada e saída de calor da habitação, de forma a que o ambiente térmico seja correto;
- Capacidade de isolamento acústico – vedação do ruído proveniente do exterior, de forma a garantir níveis aceitáveis de conforto no interior da mesma.

De forma a garantir estes parâmetros, existe a norma NP EN 14351-1:2008 que regula a marcação CE nas janelas e portas pedonais exteriores, e que a partir de 1 de Fevereiro de 2010, considera violação da lei a comercialização de quaisquer caixilharias sem a marca CE dentro do território da União Europeia.

A marca CE é uma declaração do fabricante relativamente à conformidade com a norma dos produtos fornecidos, tendo como consequência a satisfação dos requisitos essenciais da Diretiva Europeia 89/106/CE relativa a produtos de construção (Frezite, 2012):

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança contra incêndios;
- Higiene, saúde e ambiente;
- Segurança na utilização;
- Proteção contra o ruído;
- Poupança energética e retenção de calor.

Segundo o Portal da Construção Sustentável, o fator fundamental a se ter em conta ao escolher uma caixilharia é a sua capacidade de isolamento acústico e térmico, devendo considerar-se sempre a aplicação de vidros duplos, com vidros de 6 e 4 mm e uma caixa-de-ar entre eles de 12 mm.

Por sua vez no site da Construção Sustentável, refere que se registou uma grande evolução ao nível das características técnicas dos vidros e dos caixilhos. A estanquicidade apresenta-se também como um parâmetro importante, de forma a regular o intercâmbio de calor e frio com o exterior. No entanto essa mesma estanquicidade deve estar adequada e garantir a renovação de ar para a manter a salubridade do ar interior. A ventilação natural assume um papel importante, neste aspeto e quando esta não é desejada poder-se-á recorrer a grelhas de ventilação ou ventilação mecânica.

Sendo o alumínio um material muito utilizado na construção atual, quando abordamos aspetos da sua sustentabilidade, o material que constitui o caixilho deve ser tão reciclável quanto possível, devendo-se privilegiar-se os acabamentos mais fáceis de reciclar, como é o caso do alumínio anodizado, face ao termolacado. O material que constitui o caixilho deve ter sido, em parte, reciclado (alumínio

secundário). A proporção do material reciclado incorporado deverá ser superior a 50%. Esta percentagem deverá contemplar alumínio resultante de obras de demolição e o restante resultante de desperdícios aquando do fabrico industrial.

Um outro aspeto a ter em atenção é o corte térmico, que apesar de ter uma qualidade coerente com as medidas de otimização térmica usadas na conceção do edifício, deve ser utilizado de forma equilibrada. Quando a humidade que se encontra suspensa no ar interior, proveniente da acumulação do efeito evaporativo das atividades humanas com baixas renovações de ar, a condensação pode ocorrer nos elementos de parede estrutural e não na caixilharia, resultando em aparecimento de fungos e reduzindo os índices de salubridade. Esta situação tem ocorrência no período de Inverno devido a um maior contraste de temperatura entre o interior e o exterior, que coincidem com a época do ano em que menos vezes abrimos as janelas. É fundamental portanto, que exista uma correta avaliação da caixilharia a colocar, mas também se garantam as questões de renovação de ar. Atendendo a que este projeto se baseia no conceito sustentável, é intenção promover ao máximo a ventilação natural, reduzindo os consumos energéticos provenientes da utilização de equipamentos de ventilação mecânica. É extremamente importante que, pelo menos uma janela em cada espaço de uma habitação possua um sistema de abertura que permita a ventilação, normalmente esta função é conseguida quando são especificadas ferragens oscilobatentes permitindo alternadamente que a respetiva janela abra ou basculhe. A posição basculante é importante porque permite ventilar os espaços, sem ameaçar a segurança dos mesmos, face a uma tentativa de intrusão.

Um outro aspeto a ter em atenção é a facilidade de limpeza, nesse sentido, todas as janelas devem facilitar a respetiva limpeza pelo interior e pelo exterior.

Conforme já mencionado, a evolução existente nesta área tem levado ao surgimento de novos materiais, que se apresentam como alternativas viáveis ao PVC, alumínio e madeira, Figura 5.51. Para além de garantir as características dos anteriores, os seus custos de produção e manutenção tem-se apresentado bastante interessantes.

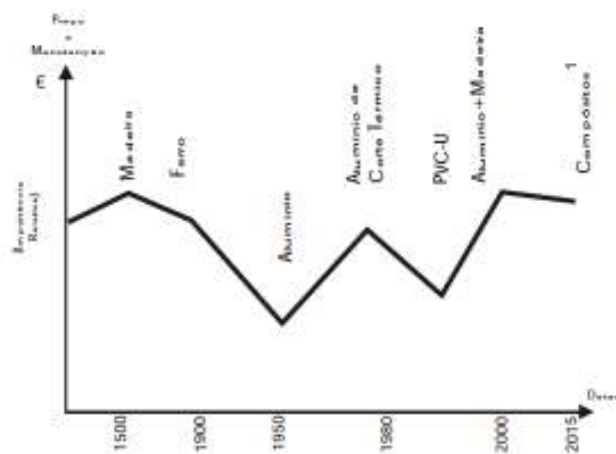


Figura 5.51 – Evolução dos materiais utilizados na caixilharia ao longo do tempo (Fonte: Chaves, 2004).

Segundo Chaves (2004), os custos associados ao desenvolvimento bem como a própria química tornam pouco provável o desenvolvimento de novos polímeros ou ligas metálicas para a caixilharia. *“As áreas a ter em conta são aquelas onde aparecem os compósitos ou compostos de plásticos existentes para melhorar as propriedades e reduzir custos”*.

Face à necessidade de soluções cada vez mais competitivas e duráveis, o desenvolvimento de compósitos tem sido a aposta clara deste setor. Apesar do seu impacto ambiental ser considerável, a incorporação de materiais reciclados no desenvolvimento destes, tem sido crescente, bem como o desenvolvimento de processos industriais que reduzem o consumo energético e o desperdício.

Material Ideal para Caixilharia		
Alto	Custo	Baixo
Baixo	Módulo de Elasticidade	Alto
Alto	Condutibilidade Térmica	
Baixo	Resistência à corrosão	Alto
Difícil	Corte	Fácil
Difícil	Facilidade de Instalação	Fácil
Baixo	Resistência ao fogo	Alto
Alto	Impacto ambiental	Baixo

Figura 5.52 – Quadro com o material ideal para a caixilharia (Fonte: Chaves, 2004).

Na Figura 5.52, são apresentados os parâmetros a ter em atenção na escolha do material para a nossa caixilharia. Os materiais mais recentes atualmente no mercado são apresentados na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Materiais utilizados na produção de caixilharias.

Compostos de madeira e plástico - <i>Wood plastic composites</i> (WPCs)	São compostos de PP, Pe e PVC com aditivos de serrim, aglomerado de madeira e juta. A elevada percentagem (até 70%) de madeira, pode induzir em confusão acerca do material ser um plástico.
Pultrusão	Os perfis obtidos por pultrusão, têm elevada estabilidade dimensional, baixa condutibilidade térmica, elevada resistência à corrosão e um módulo de elasticidade elevado. As principais desvantagens são o seu custo, as propriedades de conformação e o acabamento superficial fino.
Pultrusão de termoplásticos	Trata-se de uma extrusão de PVC-U localmente reforçada com fibra de vidro contínua. Este material utiliza filamentos de fibra de vidro encapsulados numa matriz de PVC-U por co-extrusão. As fibras conferem ao compósito uma elevada resistência mecânica e o PVC-U permite obter bons acabamentos superficiais.
Materiais baseados em Poliestireno (PS)	Espumas estruturais de poliestireno são propostas como material para caixilharia. Possuem acabamento semelhante à madeira e a sua facilidade de trabalho, aliada ao baixo preço e a possibilidade de extrusão de polímeros ou materiais reciclados. A principal desvantagem é a sua combustibilidade.
Materiais baseados em ABS/ASA	Utiliza uma camada interior de ABS e uma camada exterior de ASA co-extrudida para melhorar a resistência à corrosão atmosférica. Apesar das diferenças de preço, este compósito permite cadências de produção 30 a 40 % superiores comparativamente com perfis equivalentes em PVC-U.
PVC-U Celular	O PVC celular já tem vindo a ser utilizado em remates e apainelados, no entanto só recentemente nos E.U.A. é utilizado para a caixilharia. Os materiais podem ser tratados como a madeira, mas mantêm a resistência à corrosão característica do PVC.

Fonte: Adaptado – Inovação na Indústria da Caixilharia, (Chaves,2004).

Apesar do desenvolvimento destes materiais, em Portugal a utilização de caixilharia, foca-se principalmente na utilização de alumínio, PVC e madeira. Importa salientar as vantagens e desvantagens destes materiais, de forma a compreendermos o impacto ambiental que estes materiais provocam, assim como as suas características técnicas, e níveis de eficiência.

Segundo o guia térmico das Deleme Janelas (2012), o comportamento térmico das caixilharias, varia mediante o material ou o número de câmaras na utilização de perfis de PVC. O coeficiente U (expresso em $W/m^2 \text{ } ^\circ K$) representa a quantidade de

calor que atravessa 1 m² de elemento por uma diferença de 1° C entre cada face desse elemento, por condução, convecção e difusão. Quanto menor for o coeficiente, mais eficaz é o isolamento, bem como menor o fluxo de calor que atravessa esse elemento.

Na Figura 5.53, é notório que o perfil de alumínio é o que apresenta maior coeficiente, logo maior condutibilidade térmica e menores níveis de isolamento. Por sua vez, a madeira apresenta um comportamento muito aproximado à da caixilharia de PVC, o que prova que este material apesar de apresentar custos de aquisição e manutenção elevados (Chaves, 2004), tem um comportamento térmico muito interessante.

Material da caixilharia	Perfil branco em PVC com reforço			Perfil de madeira	Perfil alumínio com corte térmico
Tipo de perfil	3 câmaras	4 câmaras	5 câmaras		
Espeçura da caixilharia	58 mm	58 mm	70 mm	58 mm	60 mm
U caixilharia (W/m ² K)	1,6	1,5	1,4	1,8	2,8

Figura 5.53 – Performances térmicas da caixilharia (Fonte: Deleme Janelas).

Para uma correta análise dos materiais mencionados na Figura 5.53, é importante ainda analisar um estudo sobre a análise do ciclo de vida das caixilharias, apresentado pela empresa Caixiave, com a autoria de João Ferreira Gomes e A. Moret Rodrigues.

Este estudo realizou uma análise comparativa, do consumo energético ao longo do ciclo de vida e as emissões de CO₂ para a atmosfera durante o processo de fabricação, no período de utilização, na reciclagem, no transporte e na deposição final de resíduos, Figura 5.54.



Figura 5.54 – Esquema do ciclo de vida de uma caixilharia (Fonte: Caixiave).

A utilização de alumínio, em caixilharias, Figura 5.55, processa-se geralmente em três etapas, com a extração da matéria-prima e processo de fabrico, processo de extrusão e tratamentos/acabamentos. O consumo energético associado é elevado, já que não se encontra na Natureza no seu estado metálico, mas como parte integrante de vários minerais onde normalmente está combinado com silicone e oxigénio. A matéria-prima de base utilizada na produção do alumínio é a bauxite, que é um mineral muito abundante na Natureza.

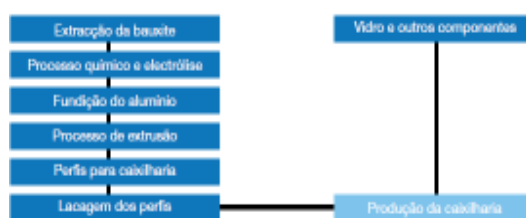


Figura 5.55 – Esquema da produção de uma caixilharia de alumínio (Fonte: Caixiave).

Durante a sua produção, gera uma elevada quantidade de cinzas e de elementos poluentes considerados perigosos para a atmosfera, tais como, o dióxido de carbono, o ácido sulfúrico, os hidrocarbonetos (PAHs) e a fluorina. Com vantagens, tem a sua reciclagem de forma repetida sem perda de qualidade, representando apenas 7% do total da energia consumido comparativamente com a fase de produção.

A madeira, é um recurso natural, renovável, 100% reciclável e biodegradável. Continua a ser utilizado na produção de caixilharia, Figura 5.56, devido à oferta deste recurso e dos inúmeros acabamentos possíveis, bem como na manutenção de alguns requisitos arquitetónicos nos centros históricos.

Na preservação deste recurso tem sido colocado em marcha alguns planos, como sendo a utilização de madeiras originárias de florestas geridas de forma sustentável e certificadas por uma avaliação independente. Embora existam diversos sistemas de certificação florestal, na Europa os mais conhecidos são o Program for the Endorsement of Forest Certification (PEFC) e o Forest Stewardship Council (FSC).

O consumo energético na produção é reduzido, principalmente registado na extração e transporte e secagem.



Figura 5.56 – Esquema da produção de uma caixilharia de alumínio (Fonte: Caixiave).

O PVC é um polímero termoplástico (termo-moldável a quente, de forma reversível, sem modificação química) cujos componentes básicos são o cloro e o etileno, obtidos respetivamente do petróleo (43%), que é um recurso natural não renovável, e do sal comum ou cloreto de sódio (57%), que, ao contrário, é um produto abundante na Natureza e que se pode considerar inesgotável. A partir do cloro e do etileno é obtido o Monómero de Cloreto de Vinil e é depois da polimerização deste que se obtém o produto final – Policloreto de Vinil –, conhecido pela designação de PVC, Figura 5.57. Com o desenvolvimento tecnológico, muitos dos aditivos, nocivos para o ambiente, tem sido substituídos por materiais que garantam os requisitos ambientais. O consumo energético é bastante menor que o alumínio mas superior à madeira. Importa ainda salientar, a necessidade de reforços em aço no interior dos perfis, que compreende um gasto energético que deve acumulado aos gastos provenientes do PVC.

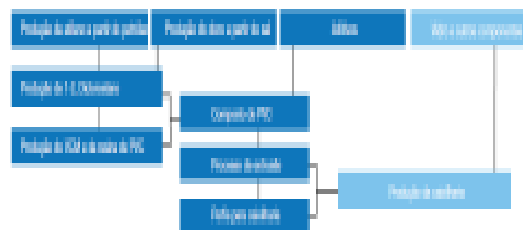


Figura 5.57 – Esquema da produção de uma caixilharia de alumínio (Fonte: Caixiave).

Os resultados obtidos, Figura 5.58, representam os consumos e emissões correspondentes às várias etapas do ciclo de vida, tendo em consideração que para a fase de utilização, em que é despendida energia para assegurar o conforto térmico, foi admitido um tempo de vida útil de 50 anos. Valores com sinal negativo significam poupança de energia e de correspondentes emissões de CO₂, enquanto valores positivos correspondem a consumo energético e a emissões de CO₂ para a atmosfera. Na fase de utilização, foi também prevista a separação do consumo

energético nas suas parcelas para aquecimento e arrefecimento, pela possibilidade de se utilizarem fontes de energia, ou combustíveis para a sua produção, diferentes. Nos cálculos realizados admitiu-se para o aquecimento uma caldeira a gás natural (GN) e para o arrefecimento um sistema de bomba de calor (BC) com compressor acionado por um motor elétrico.

Etapas ACV	Caixilharia de alumínio com corte térmico			
	Consumo de energia		Emissões de CO ₂	
	kWh	% consumo	Kg	% emissões
Extração e produção	3449,29	32,24	785,61	32,01
Transporte para produção	12,19	0,11	3,26	0,13
Fabricação da caixilharia	19,20	0,18	4,40	0,18
Transporte até à obra	12,19	0,11	3,26	0,13
Utilização (50 anos)				
E _{total} (GN)	-27911,11		-5807,32	
E _{total} (BC)	6720,00	62,81	1545,60	62,97
Transporte para fixação/aberto	0,35	0,00	0,11	0,00
Remoção/deposição final	0,75	0,01	0,22	0,01
Transporte para reciclagem	11,81	0,11	3,15	0,13
Reciclagem	473,98	4,43	109,01	4,35
Consumo e emissões	10636,76	100,00	2454,82	100,00
Poupança	-27911,11		-5807,32	
BALANÇO	-17274,35		-3352,50	

Etapas ACV	Caixilharia de madeira *			
	Consumo de energia		Emissões de CO ₂	
	kWh	% consumo	Kg	% emissões
Extração e produção	458,19	6,58	113,64	7,05
Transporte para produção	21,32	0,31	5,69	0,35
Fabricação da caixilharia	19,20	0,28	4,40	0,27
Transporte até à obra	21,32	0,31	5,69	0,35
Utilização (50 anos)				
E _{total} (GN)	-24316,67		-4855,22	
E _{total} (BC)	6086,67	87,54	1399,93	86,90
Transporte para fixação/aberto	11,48	0,17	3,06	0,19
Remoção/deposição final	24,34	0,35	6,51	0,40
Transporte para reciclagem	5,72	0,08	1,54	0,10
Reciclagem	306,60	4,41	70,52	4,38
Consumo e emissões	6952,83	100,00	1610,96	100,00
Poupança	-24316,67		-4855,22	
BALANÇO	-17363,84		-3244,24	

* Madeira de carvalho

Etapas ACV	Caixilharia de PVC			
	Consumo de energia		Emissões de CO ₂	
	kWh	% consumo	Kg	% emissões
Extração e produção	955,14	12,08	251,56	14,33
Transporte para produção	16,01	0,22	4,27	0,24
Fabricação da caixilharia	19,20	0,26	4,40	0,25
Transporte até à obra	16,01	0,22	4,27	0,24
Utilização (50 anos)				
E _{total} (GN)	-27689,99		-5662,72	
E _{total} (BC)	5940,00	79,30	1343,20	76,53
Transporte para fixação/aberto	0,47	0,01	0,12	0,01
Remoção/deposição final	1,04	0,01	0,28	0,02
Transporte para reciclagem	15,54	0,21	4,15	0,24
Reciclagem	402,31	6,60	142,67	8,14
Consumo e emissões	7355,72	100,00	1755,12	100,00
Poupança	-27689,99		-5662,72	
BALANÇO	-20333,17		-3907,60	

Figura 5.58 – Consumo de energia e emissões de CO₂ ao longo do ciclo de vida para todas as unidades de caixilharia. Solução de caixilharia com vidro duplo 4/12/4 (Fonte: Adaptado Caixiave).

Segundo este estudo, a caixilharia de PVC é a que apresenta menores consumos energéticos e menor quantidade de emissões de CO₂ ao longo de todo o ciclo de vida útil, logo seguida pela caixilharia de madeira e por último o alumínio. Este estudo realizou ainda uma avaliação do ponto de vista económico, onde os sistemas de caixilharia de PVC, apresentam o menor custo global, assumindo-se como a escolha mais adequada quando comparados com outros sistemas de caixilharia alternativos, funcionalmente equivalentes.

Face à oferta de mercado, atualmente o custo de caixilharia de PVC e alumínio estão muito próximos, sendo a madeira o material mais dispendioso, devido ao custo do material em si, mas também aos custos associados de mão-de-obra, na sua transformação e posterior manutenção.

Importa ainda salientar que na escolha da caixilharia, é importante conhecer os fatores que caracterizam um ambiente térmico correto:

- A temperatura do ar: 20°C mínima no Inverno e 26°C máxima no Verão;
- A temperatura das paredes: em dois locais diferentes na mesma divisão a amplitude térmica deve ser inferior a 3°C, podendo esta diferença ser induzida pelo modo de aquecimento/arrefecimento bem como pelo tipo de caixilharia/vidro;
- Velocidade do ar: ela deve ser inferior 0,15m/s (0,54 Km/h) no Inverno;
- A humidade do ar: 30 a 60% de humidade relativa para uma correspondente temperatura ambiente de 20 a 26°C.

Para obter um bom conforto térmico, a habitação deve ser imperativamente ventilada, isolada e equipada por um sistema de aquecimento adequado. O sombreamento é um fator importante, principalmente no verão, para proteção dos raios solares. No caso das janelas os componentes e fatores que influenciam o isolamento são expostos segundo a sua ordem de importância na Figura 5.59, (Deleme Janelas, 2012).

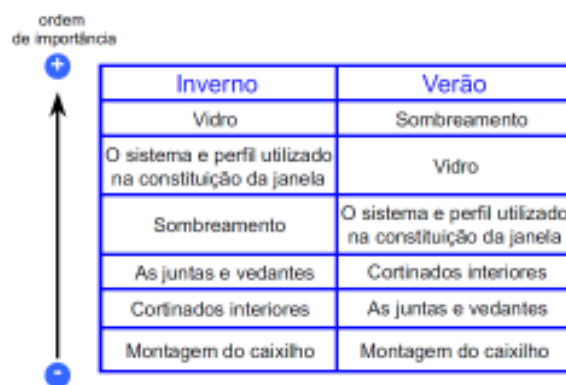


Figura 5.59 – Ordem de importância dos componentes de caixilharia (Fonte: Deleme Janelas, 2012).

5.6.2. Solução adotada

Uma vez que pretendemos que a construção do módulo, reduza o impacto ambiental e promova a eficiência, a utilização de caixilharia de alumínio foi colocada de parte devido ao seu consumo energético e às emissões geradas durante a fase de produção.

A solução de caixilharia em madeira, utilizando material com certificação florestal, (PEFC ou FSC), também foi estudada e analisada. No entanto, os custos associados à sua aquisição e manutenção, fazem com que esta solução não reúna um dos objetivos a que este projeto se propõe, que é a oferta de um produto ambientalmente favorável, mas economicamente competitivo.

A solução de caixilharia em PVC face aos preços atuais de mercado e níveis de isolamento, apresentava-se como uma solução a considerar. No entanto, a sua produção, apesar de não apresentar os gastos energéticos do alumínio, tem alguma expressão, bem como na sua constituição utiliza uma quantidade razoável de materiais derivados do petróleo. Existem ainda os sistemas e reforços em aço que agravam esta situação.

Face ao desenvolvimento técnico existente neste setor, foram analisadas algumas soluções técnicas não convencionais, contemplando materiais cuja aplicação ainda não é generalizada na construção em Portugal. Nessa pesquisa, surgiu uma proposta bastante interessante, quer relativamente à sua constituição e níveis de eficiência, passando pela sua versatilidade e custo associado.

Esta solução técnica despertou ainda mais interesse, após inúmeras referências em portais de construção sustentável, como alternativa viável aos materiais convencionais acima descritos.

A escolha recaiu sobre a utilização de perfis em fibra de vidro, da Empresa Boavista, uma vez que o seu processo de fabrico e características técnicas apresentam melhores resultados comparativamente às soluções acima descritas. Segundo este parceiro, a utilização deste tipo de material tem como características bases o seguinte:

- A constituição do material principal é com base em areia, facilmente disponível na natureza, podendo inclusive utilizar-se material secundário/desperdiçado resultante da atividade das pedreiras;
- A pultrusão é um processo de produção energeticamente muito pouco exigente;
- O processo de produção dos perfis e de fabricação da janela tem muito pouco desperdício;
- O seu transporte não tem qualquer necessidade adicional;
- O ciclo de vida do material é muito longo, tendo a designação da janela dos 100 anos;
- São extremamente eficientes ao nível do isolamento térmico e acústico, permitindo poupanças energéticas ao longo do seu ciclo de vida.

Todas as especificidades técnicas desta caixilharia, o seu processo de produção entre outros, serão mencionadas no ponto a seguir.

Ao nível do sistema de abertura da caixilharia, foram analisadas as diversas soluções existentes no mercado, nomeadamente o sistema de guilhotina, de abrir, correr ou oscilo-batente. Esta última foi a selecionada, face à versatilidade de abertura, promovendo a renovação de ar de forma natural, garantindo os aspetos de segurança contra intrusão, assim como permitindo um sistema de abertura convencional, tipo porta de acesso à habitação.

Relativamente à sua configuração, estes apresentam um sistema de apenas uma folha e dois tipos possíveis por cada módulo de parede. No módulo de parede de maior dimensão (6,00x2,65 m) os vãos a colocar são mencionados na Figura 5.60.

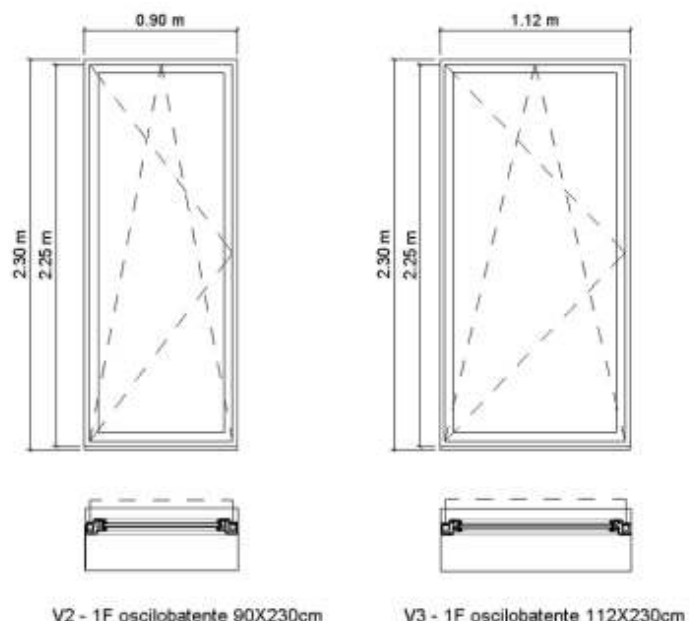


Figura 5.60 – Mapa de vãos localizados no módulo de parede de maior dimensão.

No módulo de parede de menor dimensão, (3,19x2,65 m) as dimensões aproximadas dos dois tipos de vãos possíveis são apresentados na Figura 5.61.

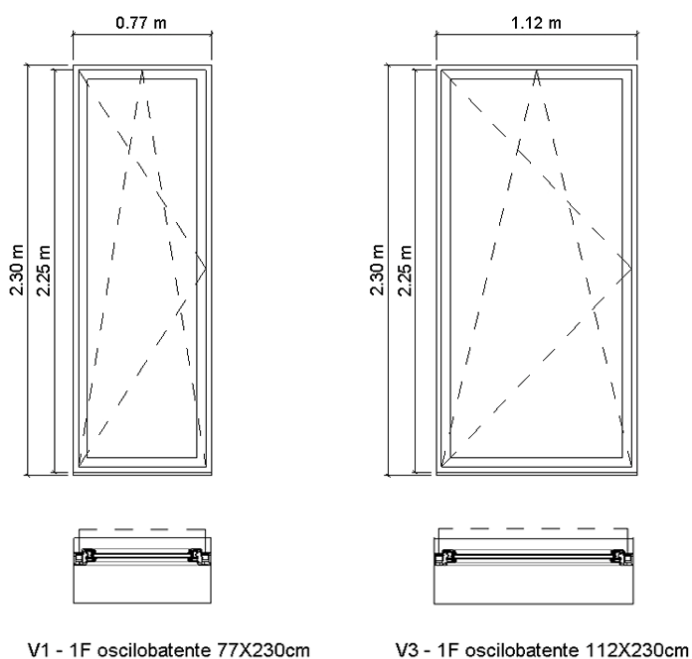


Figura 5.61 - Mapa de vãos localizados no módulo de parede de menor dimensão.

A distribuição dos elementos de estabilidade em vigas lameladas coladas estão formuladas para múltiplas possibilidades de localização dos vãos, conforme a

escolha do cliente ou a conjugação com outro módulo. Desta forma, o vão de dimensão 77x230 cm e 90x230 cm, pode ser aplicada em dois locais diferentes no elemento de parede de menor e maior dimensão respectivamente. Por sua vez o vão 112x230 só apresenta uma localização possível em cada um dos módulos de parede de menor dimensão e três posições possíveis em cada um dos elementos de parede de maior dimensão. O trabalho elaborado ao nível da divisão/localização dos vários elementos de vigas lameladas coladas, foi com o objetivo de reforçar a estandardização de medidas e processos construtivos, permitindo a poupança do revestimento de painéis OSB3, bem como a sua remoção para proceder à colocação de um vão de caixilharia. Esta opção construtiva atribui a este projeto uma caracterização típica da construção modular, oferecendo várias opções de conjugação técnica dos elementos previamente definidos, Figura 5.62.



Figura 5.62 – Localização possível dos vãos relativamente ao elemento construtivo.

Após a seleção do material e da sua configuração, o estudo recaiu ao nível do vidro, cujo comportamento é de enorme importância ao nível do isolamento acústico e térmico. Apesar de inúmeros desenvolvimentos técnicos a este nível, com a generalização dos vidros térmicos, películas de proteção, utilização de gases na caixa-de-ar, etc., a aposta neste projeto passa pela utilização de uma solução técnica que garanta níveis elevados de conforto a um preço competitivo. Dessa forma, o vidro utilizado, pretende retirar o máximo partido dos ganhos solares no Inverno, sendo que no Verão, a aposta recai em sistemas de sombreamento, com recurso a palas e telas de rolo. Face ao nosso clima, a utilização de um vidro convencional possibilita mais ganhos solares durante o Inverno, contrariamente ao vidro térmico, cujo custo é também mais elevado.

A escolha técnica a este nível, é a utilização de um Vidro Exterior tipo Planillux incolor 4mm + Câmara preenchida com ar com 12mm + 33.1 Vidro Interior Laminado (total 6mm). Algumas das designações comerciais referem-se a produtos Saint-Gobain Glass. A opção de vidro laminado no interior, é devido aos vãos terem uma configuração de vão de porta, existindo maior risco de quebra pelo interior. Com a utilização deste tipo de vidro, os utilizadores tem maiores garantias de segurança em caso de embate.

5.6.3. Parcerias e materiais

Conforme já mencionado, a escolha do material a incorporar neste projeto recaiu sobre caixilharia em fibra de vidro com a designação comercial de Janelas Boavista da empresa FWD, através do acompanhamento de Nuno Timóteo. Para além das características técnicas gerais esta caixilharia, Figura 5.63, a aposta neste material baseia-se também na política da empresa, que promove a eficiência, o minimalismo, a inovação, a qualidade e sustentabilidade. De salientar que esta empresa assinou um contrato de parceria com o Portal da Construção Sustentável, no qual aparece recomendado como ECO-Produto. Todas as janelas Boavista devido ao seu material e processo produtivo, apresentam uma reduzida pegada ecológica e um elevado desempenho energético, tornando-se uma solução de vanguarda para a construção do séc. XXI.

	PRFV	Madeira	PVC	Alumínio
Resistência a fissuras	X		X	X
Resistência ao descasque	X		X	X
Resistência ao empenamento	X			X
Acabamento pintado	X	X		X
Acabamento "Folheado de Madeira"	X	X		
Dilatação/ Contração semelhante ao vidro	X			
Elevada eficiência energética	X	X	X	

Figura 5.63 – Mapa comparativo dos perfis PRFV com soluções convencionais (Fonte: FWD, 2012).

A fibra de vidro, nome comum dos PRFV (polímeros reforçados com fibra de vidro), é um material compósito com excelentes propriedades isolantes, com elevada resistência mecânica, química e às altas temperaturas.

Designam-se por materiais compósitos aqueles que são constituídos por dois ou mais constituintes com características distintas que, quando combinados, adquirem propriedades únicas, Figura 5.64. Possuem, genericamente, dois componentes-tipo:

- Material matriz: confere estrutura ao compósito, preenchendo os espaços vazios e unindo os materiais de reforço;
- Material de reforço: reforça as propriedades mecânicas, químicas, etc. do compósito. No caso da fibra de vidro a resina funciona como matriz e a fibra de vidro, em diferentes formatos, como reforço.

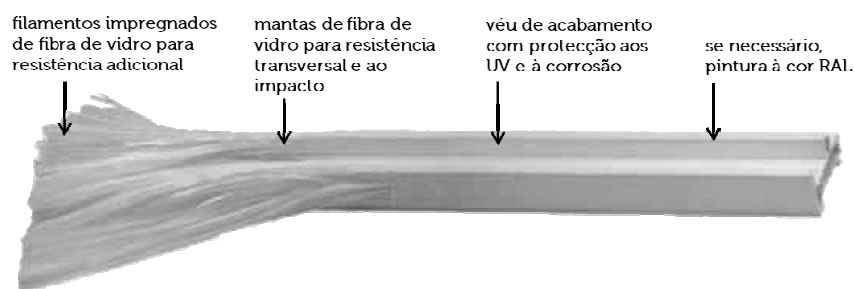


Figura 5.64 – Constituição do perfil de caixilharia em fibra de vidro (Fonte: FWD, 2012).

Desde que foi patenteada, em 1946, a fibra de vidro tem visto a sua utilização aumentar substancialmente, uma prova da sua versatilidade e durabilidade.

Os perfis de fibra de vidro utilizados em toda a gama de janelas Boavista são produzidos através de uma tecnologia chamada pultrusão, Figura 5.65. Esta tecnologia caracteriza-se por ser um processo automatizado e contínuo que permite

produzir perfis de secção transversal constante. As matérias-primas alimentam a linha de produção num dos extremos sendo que no outro sai o produto acabado, cortado à dimensão pretendida e pronto para ser usado. Tem um baixo consumo energético, produz pouco desperdício e opera de forma autónoma com o auxílio pontual de um técnico.

Qualquer produto fabricado em fibra de vidro por pultrusão consome, consideravelmente menos recursos naturais, energia e é mais favorável em termos de emissões, do que um produto semelhante fabricado noutros materiais.

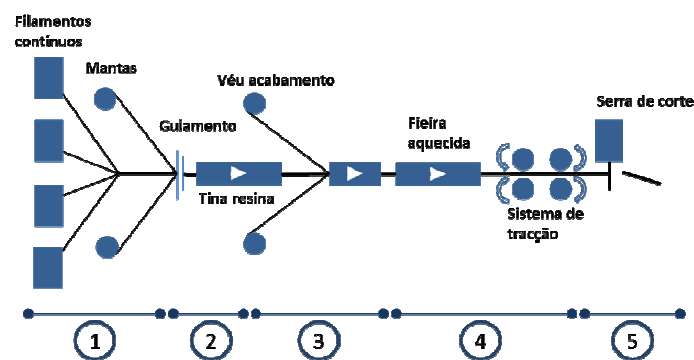


Figura 5.65 – Esquema de funcionamento de uma linha de pultrusão (Fonte: FWD,2012).

O esquema de funcionamento resume-se a cinco fases fundamentais:

1. As fibras de vidro utilizadas são os filamentos contínuos (roovings) e as mantas (mats), que permitem dar diferentes tipos de resistência ao perfil;
2. Através de um sistema de carretos e bobines as fibras de vidro são puxadas através de uma tina de resina aquecida;
3. Antes da entrada na fieira, as fibras impregnadas são orientadas, é retirado o excesso de resina e é aplicado um véu de acabamento, cujas características dependem da função e acabamento para o perfil;
4. A cura do perfil é feita durante a passagem pela fieira aquecida mas também graças à reação exotérmica do próprio material. O comprimento da fieira e a velocidade da unidade de tração são fundamentais para um “vira” controlada, que se traduz num produto final com qualidade;
5. O perfil é cortado em barras, com o comprimento pretendido.

As características técnicas do material produzido em sistema de pultrusão, quando comparado com outros materiais mais convencionais, apresenta uma baixa condutividade térmica e elétrica, estabilidade dimensional (expansão e contração) muito elevada e semelhante à do vidro, bem como capacidade de manutenção das suas propriedades quando sujeito a temperaturas baixas ou elevadas, Figura 5.66. Este material é ainda quimicamente estável, pelo que a sua utilização não envolve quaisquer riscos para a saúde ou para o meio ambiente. A sua fácil reprodutibilidade sem perder quaisquer características é complementada por uma boa capacidade ao amortecimento das vibrações.

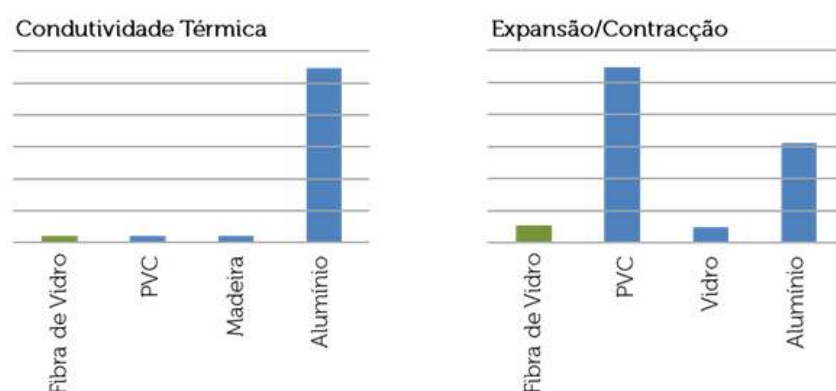


Figura 5.66 – Características técnicas do perfil de fibra de vidro (Fonte: FWD, 2012).

Este material apresenta ainda propriedades mecânicas de relevo, Figura 5.67 e Figura 5.68, com uma excelente relação peso/resistência, bem como um excelente comportamento à fadiga. Importa ainda mencionar a sua capacidade de resistência à corrosão, putrefação e facilidade em operar com recurso a ferramentas totalmente convencionais.

Propriedades mecânicas	PRFV	Madeira	PVC	Alumínio
Peso específico (kg/dm ³) / Dens.	1,7-1,8	0,51	1,38	2,5
Tensão máxima tracção (MPa) / Dens.	200-300	4-9	43	213
Módulo de elasticidade (GPa)	12,20	-	2,7	69

Figura 5.67 – Propriedades mecânicas do PRVF face às soluções convencionais (FWD, 2012).

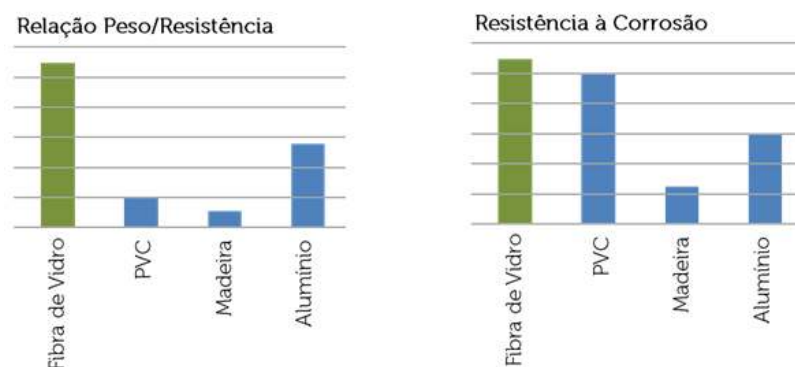


Figura 5.68 – Características técnicas do perfil de fibra de vidro (Fonte: FWD, 2012).

Relativamente ao ciclo de vida deste material, Figura 5.69, importa referir que a matéria-prima para a produção da fibra de vidro é a areia, um recurso abundante e cujo processo de extração tem um impacto ambiental muito reduzido. A maior fatia de consumo energético no entanto decorre nesta fase.



Figura 5.69 – Análise do ciclo de vida das caixilharias com fibra de vidro (Fonte FWD, 2012).

O design de cada série de janelas promove a utilização de um número reduzido de perfis sem comprometer a variedade de soluções. Traduz-se em poupança de tempo na fase de produção (reduz o tempo de paragem da linha), na fase de montagem e na consequente redução do consumo de recursos. O baixo peso dos perfis facilita ainda o transporte e colocação em obra.

O processo de produção dos perfis, caracteriza-se por um baixo consumo energético, um metro linear de perfil bruto (aprox. 1kg), consome cerca de 0,07 Kw. A sua

manutenção quase inexistente, promove a poupança, já que este material apresenta grande longevidade, mesmo em ambientes agressivos como à beira-mar.

O subproduto resultante da reciclagem é muito procurado para agregados de betão e pavimentação de estradas. Também é usado como fonte de energia de algumas indústrias com as cimenteiras.

A solução técnica adotada neste projeto passa pelo recurso a um sistema de oscilobatente, permitindo folhas até 130 kg (sistema de dobradiça oculta) ou 180 kg em sistema de dobradiça aparente. A altura máxima é de 260 cm e 140 cm de largura em solução oculta. As suas vedações duplas em neoprene reforçam ainda mais a capacidade de vedação deste tipo de solução. Na Figura 5.70, seguem as características da série oscilobatente.

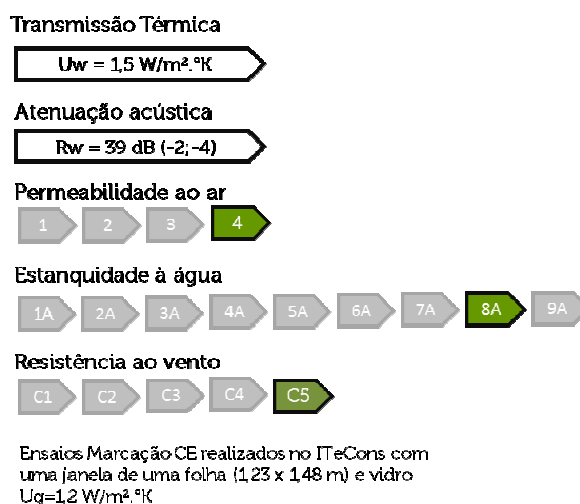


Figura 5.70 – Comportamento da caixilharia da série oscilobatente (Fonte: FWD, 2012).

No Anexo 4 e como complemento a este capítulo, segue documentação complementar sobre este tipo de caixilharia.

5.7. Impermeabilização

5.7.1. Enquadramento

A impermeabilização, consiste num conjunto de medidas, que previne a infiltração de água na obra construída. A impermeabilidade é portanto, a resistência do material aplicado, à entrada de humidade proveniente de várias meios ou causas.

A impermeabilização, é uma área de grande estudo e desenvolvimento no setor da construção civil. Assistimos nos últimos anos, ao aparecimento no mercado de inúmeros produtos de impermeabilização e sistemas/materiais complementares, principalmente para aplicação em edifícios de habitação.

A correta vedação e impermeabilização de qualquer tipo de obra, é fundamental para a normal utilização e manutenção dos critérios de conforto e salubridade. É no entanto generalizada a ocorrência de patologias associadas a erros construtivos, má aplicação ou escolha destes materiais, entre outros fatores. Dessa forma a escolha de um sistema adequado de impermeabilização para qualquer elemento de uma construção (coberturas, pavimentos, paredes enterradas, reservatórios, etc.) deve merecer uma atenção especial (Perdigão, 2007).

A ocorrência de muitos problemas associados à impermeabilização, faz com que os custos associados a estas correções geralmente ascendam a valores elevados, muitas vezes agravados por indemnizações dos danos materiais e humanos causados. *“Como em toda a construção, a impermeabilização preventiva é a mais indicada já que evita o aparecimento dos problemas, representando apenas cerca de 3% do custo total da obra. Pelo contrário, no caso de o assunto ser tratado de forma displicente, a impermeabilização correctiva poderá chegar a representar até 15% do custo total da obra, além dos transtornos aos clientes e dos custos indirectos ao construtor/projectista que vêem a sua imagem afectada pela má prática da construção”* (Pereira et al., 2010).

Segundo estes autores, podemos identificar quatro tipos de manifestação de humidade, relativamente à sua proveniência conforme apresentado na Tabela 5.13.

Tabela 5.13 – Tipos de humidade e sua proveniência.

Tipo de Humidade	Proveniência
Humidade de ascensão capilar	Humidade que aparece nas zonas baixas das paredes. As paredes absorvem a água do terreno pelas fundações. Este tipo de humidade pode ser permanente quando o nível freático do terreno é muito alto, ou pode só aparecer no inverno e secar no verão.
Humidade de condensação	Produz-se quando o vapor de água existente no interior de um local (salas, cozinhas, quartos, etc.) entra em contacto com a superfície frias (vidros, metais, paredes, etc.), formando pequenas gotas de água. Estes fenómenos podem ocorrer no inverno e favorecem a criação de micro-organismos, que são prejudiciais para a saúde, alterando a estética do local.
Humidade atmosférica	Humidade produzida pela água da chuva que penetra diretamente pela fachada e/ou telhado do edifício, em consequência de uma impermeabilização deficiente.
Humidade de Infiltração	Humidade que é causada pela penetração direta da água no interior dos edifícios através das suas paredes. É muito frequente este tipo de humidade em caves enterradas que se encontram abaixo do nível freático.

(Fonte: Adaptado – Pereira *et al.*, 2010).

As causas para a ocorrência destas manifestações, geralmente são diversificadas. No entanto um ponto a realçar é o facto de a maioria das obras não apresentarem projetos de impermeabilização. Associado a este fator, muitas empreitadas utilizam materiais inadequados e de baixa qualidade, recorrem a mão-de-obra não especializada e não possuem planos de limpeza e manutenção (Reis, 2010).

Segundo este autor, a utilização de material de impermeabilização deve possuir um conjunto de características que garantam a função a que se destinam. Destacam-se algumas dessas características:

- Ser impermeável de forma a evitar a passagem de água;

- Ser flexível de forma a acompanhar algum possível movimento que ocorra na estrutura;
- Apresentar boa durabilidade, mantendo as suas propriedades durante um longo período de tempo;
- Ajustar-se de forma a cobrir detalhes específicos da estrutura; se esta não conseguir ser aplicada devido a este tipo de situação, então deixa de ser funcional;
- Ser de fácil aplicação e relativamente leve;
- Apresentar-se como uma camada contínua, dando-se assim particular atenção à execução das juntas que poderão ser a origem de eventuais entradas de água;
- Ser apropriada para suportar as várias condições climáticas.

Da análise realizada de mercado sobre os vários materiais de impermeabilização, constatamos que existe uma enorme variedade de produtos, sendo na sua maioria materiais que na sua constituição utilizam elementos com base no petróleo. Um estudo realizado pela TEGNOS Research, indica que telas asfálticas geram 81 Kg/m² de CO₂, as membranas de PVC, 71 Kg/m² de CO₂ e as membranas de EPDM e TPO geram um máximo de 30Kg/m² de Dióxido de Carbono. Neste estudo indicam ainda que o período de vida útil de 54, 40 e 19 anos. Estes aspeto fizeram com que o material utilizado neste projeto fosse motivo de uma forte análise e avaliação, numa tentativa de reduzir o impacto ambiental provocado. O material pretendido, deveria ser de fácil aplicação, em membrana, versátil, amigo do ambiente, económico e com grandes níveis de resistência e estanquicidade.

Para uma melhor análise das opções tomadas, importa referir quais as membranas mais utilizados a este nível. Segundo Gonçalves *et al.* (2005), as membranas mais utilizadas nos sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço são as de betumes-polímeros, as termoplásticas e as elastoméricas, cujas características gerais são apresentadas na Tabela 5.14.

Tabela 5.14 – Tipos de membranas de impermeabilização.

Tipos de membranas	Características
Membranas de betumes-polímeros	Constituídas por uma mistura betuminosa modificada por uma resina, plastomérica ou elastomérica.
Membranas de natureza termoplástica	As mais conhecidas são as de PVC plastificado e as de mais recente divulgação são as de poliolefinas (TPO ou FPO).
Membranas elastoméricas	Incluem-se as vulcanizadas e as não vulcanizadas. Nestas últimas, poderá ocorrer um processo de cura de características idênticas à vulcanização, após aplicação em obra. Contam-se entre as membranas vulcanizadas em fábrica as de monómero de etileno-propileno-dieno (EPDM) e as de borracha butílica. Nas não vulcanizadas em fábrica, incluem-se as de poli-isobutileno (PIB) e as de polietileno clorado (CPE).

(Fonte: Adaptado – Gonçalves *et al.*, 2005).

As várias membranas mencionadas, têm como objetivo a estanquicidade do elemento construtivo face à água que circule ou estacione sobre este. As várias designações ocorrem devido aos diferentes materiais base, que se refletem nas dimensões e espessuras finais do produto. As diferenças ocorrem ainda ao nível da massa por unidade de superfície, bem como nas técnicas de aplicação em obra. Em Portugal, os dois primeiros grupos são os mais comuns, no entanto a escolha da membrana para este projeto recaiu sobre o último grupo, cujas características serão mencionadas no ponto seguinte.

5.7.2. Solução adotada

Após uma análise exaustiva dos vários tipos de membranas de impermeabilização, a escolha do produto a aplicar neste projeto baseou-se nos seguintes critérios:

- Garantia de estanquicidade, durabilidade e resistência;
- Fácil aplicação e custo acessível;

- Material amigo do ambiente.

Uma vez que as membranas de betumes polímeros ou de natureza termoplástica apresentam na sua constituição base materiais derivados do petróleo, esta solução técnica foi reduzida ao máximo. Estas membranas carecem ainda de mão-de-obra especializada na sua aplicação, sendo o seu peso próprio muitas vezes uma dificuldade na manipulação e no transporte.

Dessa forma a escolha do material de impermeabilização recaiu sobre as membranas da marca DELTA. Ao nível das paredes exteriores e laje de pavimento serão aplicadas membranas elastoméricas de alta densidade de polietileno, com a designação comercial de DELTA-FASSADE PLUS. Na laje de cobertura será colocada uma membrana de PEAD laminado com membrana adesiva de betume, designada de DELTA-THENE. Estes materiais, reúnem um conjunto de características que reduzem drasticamente o seu impacto ambiental, quando consideradas com outras soluções técnicas convencionais.

A sua facilidade de aplicação, conjugada com o seu peso reduzido e um conjunto bem delineado de procedimentos de montagem, possibilitam uma enorme rapidez na sua execução, bem como a utilização de mão-de-obra não especializada. Desta forma, ocorre uma poupança generalizada de tempo e meios, associada a um custo de aquisição do material bastante competitivo

Estas gamas de produtos DELTA, são utilizadas de forma a criar uma barreira estanque e proteger os elementos que constituem as paredes e as lajes, nomeadamente as placas de OSB3 e o isolamento existente na caixa-de-ar das mesmas. A aplicação destas membranas é realizada pelo exterior, formando uma película envolvente de todo o módulo.



Figura 5.71 – Aplicação de membrana de impermeabilização no módulo.

Contrariamente às membranas asfálticas ou de PVC, as membranas de alta densidade de polietileno da marca DELTA nas paredes exteriores e laje de pavimento, obriga à existência de uma ventilação natural, com recurso a caixa-de-ar ou fachada ventilada em elementos verticais, ou na existência de um espaço de circulação de ar entre a laje e o revestimento final, quando aplicada em elementos horizontais.

A caixa-de-ar existente entre a membrana e o acabamento final, é realizada com recurso a ripas de pinho tratado, entre os 2 e os 3 cm de espessura. Estes elementos, são colocados verticalmente, de forma a assegurar a estanquicidade do conjunto, mesmo nos locais onde ocorrem as fixações mecânicas do com o elemento de parede, Figura 5.72.

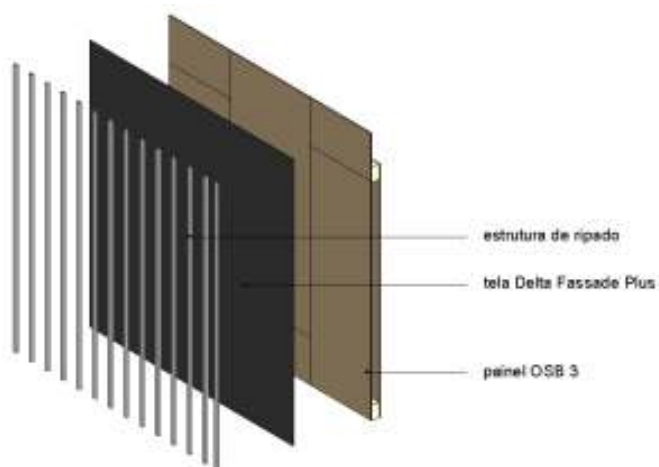


Figura 5.72 – Pormenor construtivo da parede exterior.

A membrana a aplicar nas paredes exteriores é colocada segundo as indicações do fornecedor, respeitando as margens de recobrimento, orientação, bem como os procedimentos de fixação, principalmente ao nível da ligação com a platibanda e locais dos vãos exteriores, Figura 5.73.

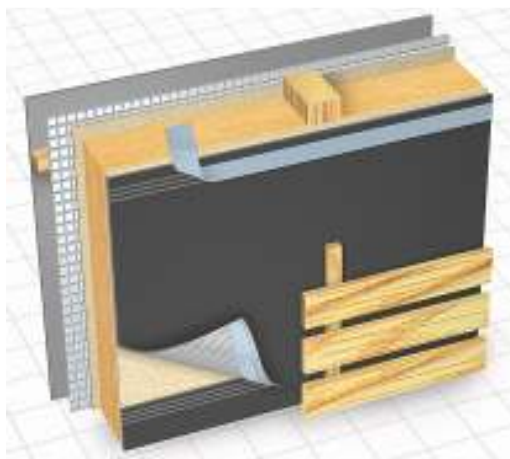


Figura 5.73 – Disposição das membranas da DELTA e ripas em parede exterior (Fonte: Dorken, 2013).

Este material devido à sua alta permeabilidade ao vapor, permite que a humidade existente/produzida dentro do edifício, possa ser libertada por difusão, mantendo um nível elevado de dispersão da água relativamente ao meio exterior, Figura 5.74. A existência de um espaço livre entre a membrana e o revestimento exterior, faz com que a circulação de ar existente não permita a acumulação prolongada de vapor de água libertado por difusão ou humidade proveniente do exterior junto aos painéis de OSB3 que constituem a parede. Importa ainda referir, que a existência de bandas de colagem nestas membranas, facilitam a sua aplicação e correta vedação.

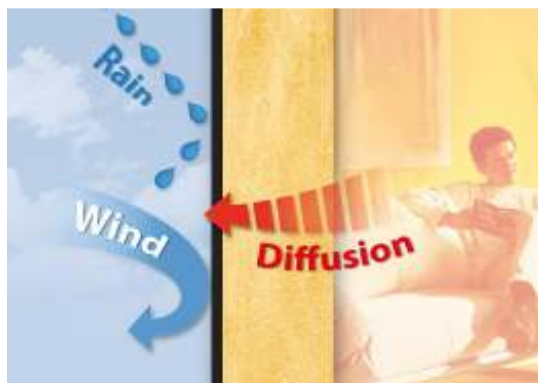


Figura 5.74 – Difusão e impermeabilização das membranas da DELTA (Fonte: Dorken, 2013).

Ao nível da impermeabilização da laje de pavimento, esta é realizada com recurso ao mesmo material usado nas paredes exteriores. Na colocação da membrana no painel de laje de pavimento, esta deverá ter a face permeável em contato com os painéis de OSB3 estando a face impermeável voltada para o terreno de fundação. A ventilação necessária para o seu correto funcionamento, ficará assegurada pela caixa-de-ar criada pela viga de fundação, que deverá possuir aberturas pontuais para promover a circulação do ar e a salubridade do espaço.

Como complemento a esta membrana e de forma a reforçar a proteção dos elementos modulares de parede e laje em contato com a viga de fundação, será colocado na face superior do mesmo uma banda de proteção para esse efeito, Figura 5.75.

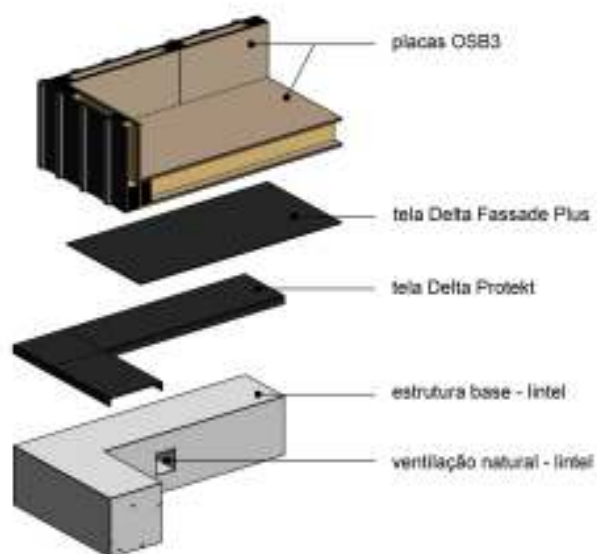


Figura 5.75 – Pormenor construtivo da impermeabilização da laje de pavimento e da viga de fundação.

Relativamente ao painel de laje de cobertura, a sua impermeabilização será com recurso a uma membrana de características diferentes, devido às exigências de estanquicidade bem como em conformidade com os aspetos técnicos necessários para a cobertura ajardinada. Esta será disposta na face que contata com o exterior e de acordo com as especificidades do fornecedor, quer ao nível da ligação com a platibanda, bem como nas zonas de dobragem e ligação com os ralos de drenagem, Figura 5.76.

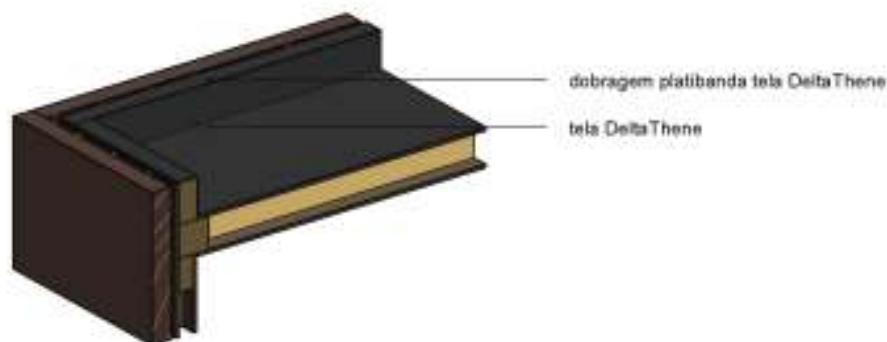


Figura 5.76 – Aplicação da membrana de impermeabilização na cobertura e platibanda.

Uma vez que a solução preconizada será em cobertura invertida ajardinada, a membrana de impermeabilização tem capacidade anti-raíz, reduzindo desta forma a necessidade de uma membrana complementar de proteção à impermeabilização, facilitando a dispersão da humidade, já que a tela colocada sobre o isolamento é permeável ao vapor, mas estanque à água na face em contacto com os elementos de drenagem.

A aplicação deste material, deverá ser uniforme e com especial importância ao nível das platibandas para que não existam elementos estruturais não protegidos da humidade. Importa salientar, que aquando da acoplação de módulos, a face superior das platibandas em contacto, deverá ser encarada como uma junta de dilatação, sendo que a aplicação da membrana deverá ter como linhas orientadoras as indicações do fornecedor.

5.7.3. Parcerias e materiais

O material previsto nesta solução técnica foi analisado com Albino Oliveira da empresa Dorken, cujo desenvolvimento técnico de materiais e procedimentos de aplicação são de enorme evolução e abrangência em termos de soluções.

Para além das características dos materiais mencionadas no ponto acima, a escolha desta parceria ocorre devido a fiabilidade dos seus produtos e ao nível do acompanhamento técnico realizado pela empresa. O conjunto diversificado de soluções de fixação, aplicação e vedação, estão bastante documentadas e apresentam planos de intervenção muito completos e precisos.

A política ambiental levada por esta empresa, através do seu sistema integrado de qualidade e ambiente, com aplicação direta no desenvolvimento dos seus produtos, tornou esta solução técnica ainda mais apetecível e interessante.

Os vários produtos comercializados, apresentam de forma genérica as seguintes características:

- São não tóxicos e não produzem emissões de compostos orgânicos voláteis (COV);
- Utilizam materiais reciclados e compostos de alta qualidade;
- São produtos transportáveis de baixo custo;
- Tem impacto reduzido ao nível dos recursos ambientais;
- Não são poluentes;
- São seguros de manusear e instalar;
- São totalmente recicláveis;
- Vida de útil de serviço esperada de 25 anos.

A qualidade dos produtos são constantemente monitorizadas ao longo de todas as etapas e confirmadas por especialistas e entidades independentes. Os produtos DELTA protegem o edifício, promovem o conforto, reduzem o consumo de energia e protegem o ambiente. Os procedimentos industriais promovem a reciclagem de todos os materiais sobrantes, sendo que a própria unidade industrial fomenta a poupança energética através de sistemas de reaproveitamento do calor produzido no aquecimento da fábrica. A utilização de maquinaria, procedimentos de armazenamento, iluminação, consumo de papel, água entre outros, é pensada de forma a promover a eficiência e a reduzir o impacto ambiental.

A produção destas membranas utiliza aproximadamente 60% de PEAD reciclado, com um processo de produção inovador, que garante a durabilidade do produto, podendo este ser integralmente reciclado aquando do término da sua utilização. A utilização de embalagens mínimas e de tintas de impressão amigas do ambiente, reduzem ainda o seu impacto do conjunto.

O material a incorporar nas paredes exteriores e laje de pavimento, é a membrana DELTA-FASSADE PLUS, altamente resistente ao rasgo, permeável ao vapor mas

estanque à água. As suas tiras autoadesivas ao longo de ambas as bordas, melhoram a qualidade da vedação e reduzem o custo na aplicação. Este material é ideal para revestimentos à prova de vento em elementos de madeira, construções e projetos de reabilitação, apresentando ainda uma resistência permanente aos raios UV e um peso próprio reduzido, Figura 5.77.

Fabric	TPES 115g/m ²
Fire properties	Standard B2 fire resistance as per DIN 4102
Tensile strength	approx. 250 N/5 cm
Elongation at break	> 10%
Impermeability	Watertight (DIN EN 13111)
S _d value	approx. 0.02 m
Temperature resistance	-40 °C to +80 °C
Weight	approx. 200g/m ²
Roll weight	approx. 15kg
Roll length	50m
Roll width	1.5m

Figura 5.77 – Características técnicas DELTA-FASSADE PLUS (Fonte: Dorken, 2013).

Ao nível dos remates ou fixações com outros elementos estruturais, este material apresenta ainda um vedante complementar designado de DELTA-THAN. Relativamente à sua aplicação, importa referir que a membrana deve ser colocada com a parte lisa virada para fora, devidamente disposta e sem pregas, garantido um paramento uniforme e as sobreposições mencionadas pelo fornecedor, sendo a ripagem disposta conforme a Figura 5.78.



Figura 5.78 – Exemplo prático da aplicação da membrana DELTA-FASSADE (Fonte: Dorken, 2013).

Conforme mencionado no ponto anterior, será disposto na face superior da viga de fundação uma banda de proteção aos elementos construtivos que aí contactam e

apoiam. Esse material será o DELTA-PROTEKT, que uma membrana de vedação, particularmente robusta e altamente imune a forças de cisalhamento. Como a folha é protegida por revestimentos de pano em ambos os lados, o material é ideal para uso em elementos de madeira ou paredes de exteriores. Devido às suas características, pode ser usado em conjunto com qualquer outro tipo de sistema de impermeabilização. As suas principais características são mencionadas na Figura 5.79.

Colour	Grey
Surface	Rough, lightly checked
Thickness	approx. 1.2mm
Tensile strength	As per DIN 53354 Along: > 600 N/5 cm Across: > 450 N/5 cm
Tear propagation strength	As per DIN 53363 Along: >300 N/5 cm Across: > 200 N/5 cm
Water column	4m, 72 hrs
Widths in cm	11.5 / 17.5 / 24 / 30 / 36.5 / 50 / 60 / 75 / 100 / 150cm
Roll length	25m

Figura 5.79 – Características técnicas DELTA-PROTEKT (Fonte: Dorken, 2013).

Esta membrana apresenta ainda acessórios e material para vedação complementar, como sendo o caso do DELTA-THAN ao nível dos vedantes e os cantos de alvenaria e clips de fixação ao nível dos acessórios. A aplicação deste material reforça a impermeabilização do sistema, garantindo que os elementos de madeira (vigas lameladas coladas e painéis de OSB3) estão devidamente protegidos dos elementos naturais, Figura 5.80.



Figura 5.80 – Membrana DELTA-PROTEK (Fonte: Dorken, 2013).

Ao nível da laje de cobertura, a impermeabilização será realizada com recurso à membrana DELTA-THENE horizontal. Este material é uma combinação especial de

PEAD laminado cruzado, com um selante adesivo betuminoso. A sua aplicação é realizada em metade do tempo das soluções convencionais de PVC ou telas asfálticas. Não é preciso a utilização de calor na sua colocação e as ligações e conexões não são problemáticas. Em caso de dano da membrana durante os trabalhos posteriores, estes são facilmente reparados e vedados. As suas características anti-raiz tornam este material ideal para a solução técnica a implementar na cobertura. As restantes características são mencionadas na Figura 5.81.

Thickness	approx. 1.5mm
Weight	approx. 1.6kg/m ²
Temperature resistance	-30°C to +80°C
Working temperature	+5°C to +30°C (air and sub-surface) To -5°C with DELTA-THENE cold primer
Dimensions	1.0 x 20m 1.0 x 5m
Storage	Transport and store upright
Disposal	EC code 1 703 02 Asphalt, tar-free
Packaging	Reusable

Figura 5.81 – Características técnicas DELTA- THENE horizontal (Fonte: Dorken, 2013).

Esta membrana apresenta alguns materiais complementares como bandas de vedação designadas de DELTA-BAND e DELTA-THENE e primários de penetração ou adesão, denominados DELTA-THENE GRUNDANSTRICH e DELTA-THENE KÄLTEGRUNDANSTRICH.

Relativamente à sua aplicação, importa referir que o fornecedor disponibiliza planos de execução devidamente organizados, quer ao nível da disposição e colocação da membrana, com especial preocupação ao nível das sobreposições, quer nas arestas e zonas de ligação com os elementos construtivos envolventes.

Na aplicação deste material, Figura 5.82, deverá ser aplicado previamente o primário DELTA-THENE GRUNDANSTRICH para complemento do sistema de impermeabilização, bem como nas arestas de ligação com a platibanda de bandas de vedação DELTA-THENE. A colocação da membrana deverá assegurar o recobrimento, bem como estar devidamente distendida. As zonas onde se localizarem os ralos de drenagem ou passagens de infraestruturas, deverão ter especial atenção, sendo devidamente isoladas conforme os procedimentos mencionados nos planos de intervenção do fornecedor.

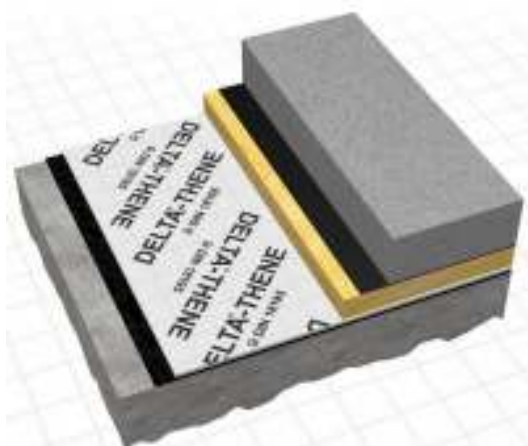


Figura 5.82 – Membrana DELTA-THENE (Fonte: Dorken, 2013).

Para uma consulta mais aprofundada destes materiais, segue no Anexo 5 as fichas técnicas respectivas.

5.8. Isolamento térmico e acústico

5.8.1. Enquadramento

O isolamento térmico e acústico tem assumido nos últimos anos uma grande importância face ao aumento dos padrões de conforto na construção, associados a uma legislação cada vez mais exigente. A oferta de produtos no mercado, tem tido cada vez maior desenvolvimento procurando custos cada vez mais competitivos com maiores níveis de isolamento.

Dada a sua aplicação generalizada, estes tem determinadas exigências funcionais, devidamente regulamentadas e que se focam ao nível da segurança na sua utilização e manuseamento, bem como na segurança contra incêndios. Tem ainda exigências de habitabilidade, ao nível do conforto térmico e hidrotérmico, estanquidade, qualidade do ar e no conforto acústico e visual. Exigências de durabilidade e economia, de forma a serem duráveis e competitivos em termos de custo e conservação (ESTT, 2006).

Quando analisamos um material para isolamento térmico e acústico, é importante entender as formas de transmissão do calor e do som. Ao nível da transmissão de calor, Figura 5.83, temos três modos fundamentais como sendo a condução, quando

ocorre uma transferência de energia entre dois corpos em contato, por convecção, quando ocorre movimento de partículas através de meios líquidos ou gasosos, ou por radiação quando não existe um suporte físico para a transmissão térmica (Mendes, 2012).



Figura 5.83 – Transmissão de calor (Fonte: Cola da Web).

Ao nível da transmissão do som é importante numa primeira fase analisar a sua proveniência. Podemos ter sons aéreos, quando ocorre uma excitação direta do ar por uma fonte sonora, com origem no exterior ou interior do edifício, ou sons de percussão, aquando da deslocação de pessoas, da queda de objetos, ou qualquer ação de choque exercida num ponto de determinado elemento de compartimentação do edifício (Ferreira, 2007). A transmissão da energia dos sons aéreos é portanto realizada através do ar por aberturas estruturais, juntas ou fendas, pela vibração da estrutura que separa os dois ambientes, ou por meio da transmissão por flancos ou transmissão marginal, através das superfícies limítrofes da estrutura como lajes, pilares, etc (Neto, 2006). As duas primeiras transmissões caracterizam-se por transmissões diretas, enquanto que a ultima é classificada como transmissão secundária, Figura 5.84.

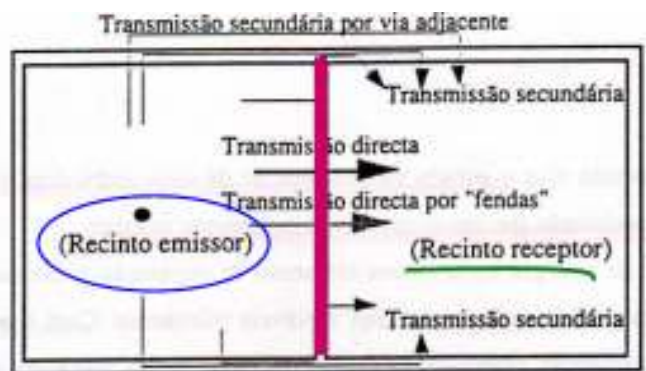


Figura 5.84 – Transmissão dos sons aéreos (Fonte: ESTT).

Os sons de percussão Figura 5.85, tem um processo de transmissão por via da reflexão, absorção e transmissão. A onda de pressão sonora ao encontrar um obstáculo produz um choque das moléculas, fazendo com que parte de sua energia volte em forma de onda de pressão refletida e o restante produza uma vibração das moléculas do novo meio, como se o obstáculo “absorvesse” parte do som incidente. Parte dessa energia de vibração das moléculas do obstáculo será dissipada como calor, devido a atritos que as moléculas enfrentam no seu movimento ondulatório; outra parte voltará ao primeiro meio, somando-se com a onda refletida, o resto da energia contida na vibração do próprio obstáculo produzirá a vibração do ar do lado oposto, funcionando esse obstáculo como uma nova fonte sonora que criará uma onda de transmissão (Neto, 2006).

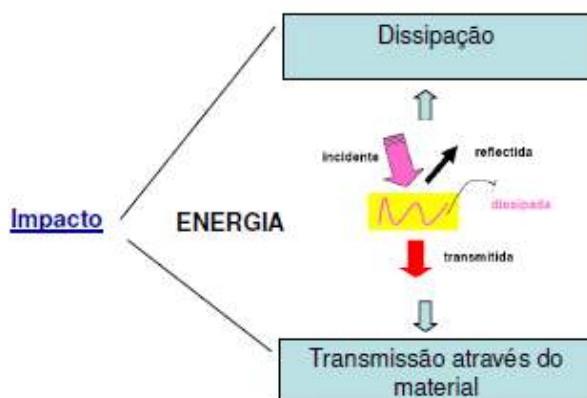


Figura 5.85 – Transmissão dos sons de percussão (Fonte: ESTT).

A aplicação dos isolamentos é portanto determinante para a qualidade construtiva de um edifício. As suas características têm como objetivo primordial manter os níveis de pressão sonora compatíveis com a legislação, bem como regular as transmissões térmicas entre o interior do edifício e o meio exterior.

Os isolamentos térmicos muitas vezes são utilizados também para isolamento acústico, já que muitos dos produtos existentes no mercado apresentam características muito interessantes que se complementam e conjugam. Na Tabela 5.15, Tabela 5.16 e Tabela 5.17, seguem os isolamentos mais usuais cuja origem pode ser natural, mineral ou sintética.

Tabela 5.15 – Isolamentos de origem natural.

Tipo de Isolamento	Características gerais
Origem natural	
Fibra de Coco	Pode ser utilizada como isolamento térmico e acústico, onde apresenta uma elevada eficácia, especialmente combinada com o aglomerado de cortiça expandida. A utilização desta matéria-prima natural e renovável, existente no mundo em grandes quantidades, traz inúmeras vantagens, face ao aproveitamento de um material que se viria a perder, e que é transformado sem prejuízo do ambiente, colocando a fibra de côco na gama de produtos ecológicos.
Produtos de Cortiça	O aglomerado de cortiça expandido resulta da aglutinação de granulados compactados e ligados sem utilização de quaisquer produtos químicos, apenas com a sua própria resina, sob o efeito de pressão e temperatura. Apresenta-se em forma de placas e granulados
Fibras e partículas de madeira aglutinadas (WF e WW)	As placas de fibras linho-celulósicas são fabricadas com base em partículas de madeira submetidas a um processo inicial de fibragem mecânica sob a ação de vapor. Em seguida, após mistura com água e, eventualmente, ligantes e aditivos, as fibras são sujeitas a um processo industrial de transformação que lhes dá a forma final (placas rígidas ou semi-rígidas). As placas de fibras de madeira mineralizadas e aglomeradas (WW), são obtidas pela mistura de fibras de madeira selecionadas com um ligante hidráulico, em geral cimento, magnesite ou uma mistura de cimento e de cal.
Fibras celulósicas	As fibras celulósicas correntemente utilizadas em vários países no isolamento térmico de edifícios, são obtidas a partir da reciclagem de produtos celulósicos, em especial papel de jornal não vendido ou usado. O processo de fabrico das fibras consiste na trituração do papel, com o objetivo de transformá-lo em partículas fibrosas de pequenas dimensões. Durante este processo, são adicionados produtos destinados a melhorar o comportamento das fibras face às ações do fogo e, eventualmente, dos agentes biológicos (fungos, insetos, etc.). A solução mais comum de aplicação dos aditivos, é sob a forma de pó, uniformemente disperso no seio das fibras.

(Fonte: Adaptado Labrincha 2006).

Tabela 5.16 – Isolamentos de origem sintética.

Tipo de Isolamento	Características gerais
Isolantes térmicos de origem sintética	
Poliestireno (EPS e XPS)	O poliestireno é um termoplástico, o que significa que se molda através de calor e que teoricamente poderá ser novamente sintetizado e portanto é um material reciclável. No entanto, este só se pode reciclar se for puro e não tiver outros componentes aditivados, o que só acontece, geralmente, no caso do Poliestireno expandido. O Poliestireno expandido (EPS), vulgarmente conhecido por esferovite, é produzido a partir do estireno expansível, obtido pela polimerização do estireno com incorporação dos agentes de expansão (em geral um pentano) e de nucleação e, eventualmente, de produtos específicos destinados a melhorar as características de comportamento ao fogo do poliestireno expandido. O Poliestireno extrudido (XPS) tem a vantagem de ser mais uniforme do que o EPS, uma vez que as suas células são de menor dimensão. Por isso apresenta superfícies mais compactas e uniformes, tendo uma maior resistência mecânica e durabilidade.
Espumas rígidas de poliuretano (PUR) e de poli-isocianurato (PIR)	São polímeros termoeestáveis, o que significa que só podem ser sintetizados uma vez e não poderão ser reciclados, uma vez que as ligações moleculares são muito fortes e não poderão ser desfeitas sem consequências irreversíveis. São obtidas pela mistura controlada de componentes líquidos de natureza química semelhante, embora os produtos acabados se diferenciem em algumas das suas propriedades. Estas espumas rígidas apresentam uma estrutura celular predominantemente fechada, formada por células poliédricas preenchidas com um gás de expansão de peso molecular elevado – tradicionalmente o triclorofluormetano (R11) – que lhes confere uma condutibilidade térmica bastante reduzida.
Espuma de ureia-formaldeído (UF)	A produção de espumas de ureia-formaldeído é obtida pela mistura de uma solução aquosa de resina com um agente de expansão aquoso (tensioactivo) e um agente promotor da polimerização (e solidificação) da espuma.
Espuma rígida fenólica (PF)	São os materiais menos comuns no isolamento em construção, sendo a sua principal utilização em painéis “sandwich”. Trata-se de um polímero termoeestável, feito a partir de uma resina de formaldeído fenólico líquida que é misturada com um solvente volátil leve, como agente expensor e um endurecedor. Com o calor, a mistura expande e torna-se rígida.
Espumas rígidas de cloreto de polivinilo (PVC)	A espuma rígida de cloreto de polivinilo (PVC) é obtida por um processo de expansão da pasta em fusão de PVC, por via física através da injeção de um gás inerte, ou por via química pela decomposição de um agente de expansão introduzido na matéria-prima.

(Fonte: Adaptado Labrincha 2006).

Tabela 5.17 – Isolamentos de origem mineral.

Tipo de Isolamento	Características gerais
Isolantes térmicos de origem mineral	
Lã Mineral (MW)	Fibra de vidro: é fabricada em alto-forno a partir de sílica e sódio, aglomerados por resinas sintéticas, desenvolvidas especificamente para melhorar o isolamento térmico e acústico do edifício. A fibra de vidro na construção apresenta-se maioritariamente como material de isolamento em forma de lã de vidro. Lã de Rocha: é elaborada a partir de rochas basálticas. Feltros leves e flexíveis em lã de rocha basáltica, com características térmicas podem ser revestidos numa das suas faces com uma folha de alumínio impermeável, proporcionando uma barreira contra a condensação superficial e a penetração de humidade no interior do isolante.
Grânulos de argila expandida (LWA)	A aplicação mais significativa dos grânulos de argila é como inerte leve na preparação de betões isolantes e estruturais. Esses betões têm grande emprego na confeção de elementos pré-fabricados, designadamente blocos para alvenaria, pavimentos e painéis de enchimento. Os betões deste tipo, aplicados “in situ”, destinam-se à realização de camadas leves, bem como as camadas de forma de coberturas em terraço, ou à execução de diversos elementos construtivos, eventualmente com funções estruturais. No isolamento térmico de edifícios, a argila expandida é aplicada solta, principalmente em camadas horizontais.
Betão celular autoclavado (AAC)	O betão celular autoclavado é um betão microcelular obtido pela mistura de um inerte, constituído por areias siliciosas, cinzas volantes ou escórias de alto forno, e um ligante, normalmente cal, cimento ou uma mistura dos dois. Estes betões apresentam massas volúmicas secas na gama de 300 a 1000 kg/m ³ e são utilizados no fabrico de blocos para alvenaria e para cofragem perdida de pavimentos pré-fabricados, de placas com ou sem armadura para paredes e pavimentos, e ainda de outros elementos pré-fabricados (painéis, lintéis, etc).

(Fonte: Adaptado Labrincha 2006).

Ao nível da aplicação dos isolamentos, estes podem ser divididos consoante a sua localização relativamente ao elemento estrutural. Dada a vasta gama de produtos existentes, a sua aplicação torna-se diversificada e importa fazer uma pequena abordagem. O isolamento de paredes exteriores pode ser realizado pelo exterior através de sistemas de revestimentos não isolantes independentes, como sendo o caso das fachadas ventiladas, ou em sistema de revestimento aplicado sobre isolante, como sendo o caso do sistema ETICS. O isolamento pode no entanto ser realizado pelo interior, através de painéis isolantes, contra-fachadas, revestimentos aplicados

sobre isolante, revestimentos isolantes ou revestimentos refletores. Quando este é colocado na caixa-de-ar das paredes duplas, este pode ser realizado por placas de material isolante (com ou sem interposição de um espaço de ar), através da injeção de produtos a granel ou de espumas isolantes. Pode ainda existir o isolamento intermédio no caso de paredes simples ao nível de painéis-sandwich prefabricados de betão, ou painéis prefabricados leves. O isolamento nas paredes exteriores pode ainda ser realizado nas duas faces em sistema de cofragem perdida com recurso a placas ou blocos isolantes, ou na realização das paredes com utilização de betão leve ou blocos de alvenaria isolantes.

Ao nível dos pavimentos em contato com o solo, o isolamento pode ser realizado na periferia dos elementos verticais que delimitam o pavimento e de forma geral através da colocação do isolamento sob a laje de betão ou do revestimento final.

Em pavimentos em contato com espaços abertos ou não aquecidos, o isolamento pode ser realizado na face inferior com recurso a tetos falsos, placas isolantes ou revestimentos sobre o isolamento. Na face inferior, pode ser realizado com recurso a betões leves ou uma camada de isolamento. O isolamento térmico pode ainda ser intermédio, ao ser colocado nos espaços vazios.

Nas coberturas inclinadas, o isolamento pode ser disposto sobre a estrutura através de painéis isolantes ou mantas de isolamento, ou na esteira do teto este através de painéis isolantes, mantas de lã mineral ou material a granel, bem como de tetos falsos ou revestimentos isolantes.

Nas coberturas em terraço, este pode ser colocado superiormente (cobertura invertida), inferiormente através de tetos falsos ou revestimentos isolantes, ou intermediamente através da injeção de produtos a granel ou de espumas isolantes (ESTT, 2006).

5.8.2. Solução adotada

A escolha do isolamento a aplicar neste projeto baseou-se em três critérios fundamentais:

- Utilização de materiais ecológicos, com reduzido impacto ambiental e passíveis de serem reciclados;
- Grande eficiência ao nível do isolamento térmico e acústico;
- Facilidade na sua aplicação de forma a reduzirem as pontes térmicas, permitindo um isolamento uniforme.

Após análise das várias soluções de mercado, a solução adotada passa por dois tipos de isolamento de origem natural. A escolha de dois materiais é devido à sua localização em relação ao elemento construtivo. A escolha recaiu sobre um sistema de isolamento pelo exterior, em aglomerado de cortiça expandida MDFachada, de forma a evitar a existência de qualquer ponte térmica e a colocação de um isolante de fibras celulósicas no interior dos elementos de laje e paredes. Ao nível da cobertura a solução passa igualmente pela colocação de painéis de aglomerado de cortiça expandida *standard*, em sistema de cobertura invertida. Desta forma conseguimos uma aplicação global a todo o módulo, traduzindo-se num conforto térmico e acústico de nível superior.

Desta forma a aplicação de aglomerado de cortiça nas paredes exteriores, é um misto entre um sistema de fachada ventilada e o sistema ETICS, já que o isolamento é colocado pelo exterior sendo que a sua fixação por via mecânica cria uma caixa-de-ar em relação ao isolamento de parede, funcionando como um sistema de fachada ventilada. Contrariamente ao ETICS, este material não recebe massa de regularização, primário e revestimento final granulado, já que se pretende que a cortiça funcione como isolante e revestimento final. A necessidade de ventilar as membranas de impermeabilização dos elementos de parede, faz com que os painéis de aglomerado de cortiça estejam afastados da mesma por via de um ripado de pinho tratado que serve também como base de fixação, Figura 5.86.

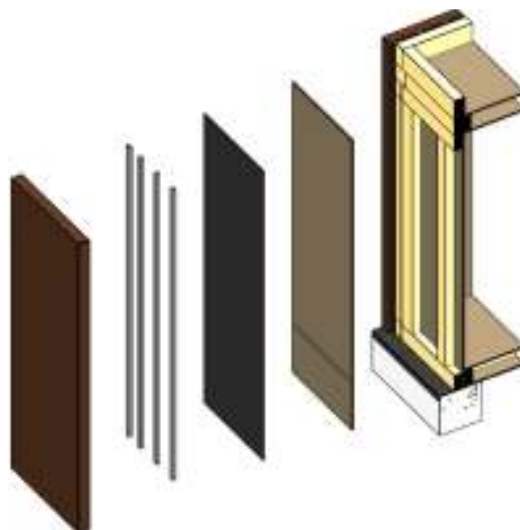


Figura 5.86 – Pormenor construtivo da parede com o isolamento de cortiça.

A configuração do módulo, permite ao nível das fachadas, um aproveitamento máximo do material isolante, reduzindo quase ao mínimo os desperdícios. Já na cobertura, cuja configuração de 6 metros por 3 metros, faz com que o aproveitamento do material seja total.

Na Tabela 5.18, é realizado uma quantificação do material a aplicar nas fachadas, bem como os desperdícios gerados e possíveis destinos. Importa mencionar que esta análise já contempla os recobrimentos de material nas arestas verticais de ligação e não admite a existência de vãos envidraçados.

Tabela 5.18 – Análise dos desperdícios gerados de aglomerado de cortiça expandida.

Elemento	Painéis de Parede						
Tipo de Material	Aglomerado Cortiça Expandida MDFachada						
Secção/Dimensão (cm)	100x50						
Comp./ Espessura (cm)	10						

De forma a reduzir ao máximo as pontes térmicas, bem como a uniformizar o acabamento do módulo, este material deve ser aplicado após a montagem do módulo

de forma a ocorrer o recobrimento adequado nas arestas verticais e ao nível das platibandas.

O isolamento à base de fibras celulósicas, será colocado na caixa-de-ar dos elementos de parede interior, exterior e laje, de forma a criar uma maior estabilidade do conjunto bem como a aumentar o nível de isolamento. O material aplicado pode ser injetado ou projetado facilitando a sua aplicação nos elementos modulares. Este pode ser injetado através de um orifício criado nas placas de OSB3, ou projetar diretamente o material e posteriormente placar umas das faces.

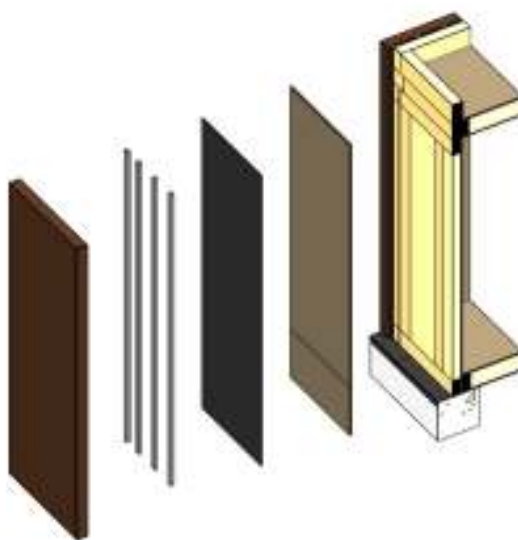


Figura 5.87 – Pormenor construtivo da parede com isolamento na caixa-de-ar.

A aplicação destes dois isolamentos, tem como objetivo o completo isolamento do módulo, onde o isolamento exterior tem como objetivo garantir o recobrimento total dos elementos estruturais (vigas lameladas coladas e painéis OSB3). O isolamento no interior da caixa-de-ar dos elementos de parede e laje, reforça o nível de isolamento, bem como confere um melhor conforto acústico no interior da habitação. A aplicação também nas paredes interiores, tem como objetivo isolar os ruídos provenientes das cozinhas e instalações sanitárias em relação aos quartos.

5.8.3. Parcerias e materiais

Os materiais propostos nesta solução, são comercializados pelas empresas Corticeira Amorim e Biohabitat. O aglomerado de cortiça a aplicar nas fachadas designa-se de aglomerado de cortiça expandida MDFachada, enquanto que o material de cobertura

se designa por aglomerado de cortiça expandida *standard*. O material de fibras celulósicas comercializado pela Biohabitat é o Isofloc.

Ambas as escolhas tiveram como critérios principais os pontos mencionados anteriormente. De salientar ainda as políticas ambientais de ambas as empresas, cuja aposta em materiais sustentáveis é de enorme relevo. A Biohabitat, Lda. é uma empresa de comércio e aplicação de materiais de construção ecológicos, que respeitam a saúde e o ambiente, tendo na sua composição matérias-primas naturais e renováveis. Esta pretende ser uma referência nacional no sector dos materiais de construção ecológicos, solucionar caso a caso as necessidades dos nossos clientes através de aconselhamento técnico cuidado, respeitando sempre a saúde humana e o meio ambiente.

Por sua vez, a Corticeira Amorim, em Setembro de 2012, foi premiada com o Selo de Sustentabilidade de nível ouro, pela Plataforma para a Construção Sustentável. Esta empresa transforma uma matéria-prima natural, extraída ciclicamente das árvores sem as danificar, promovendo a sustentabilidade económica e social de zonas em risco de desertificação, disponibilizando produtos de elevado valor acrescentado que mantêm as características únicas e intrínsecas à cortiça, num processo de transformação integrado que praticamente não gera desperdício. Tem ainda pautado a sua atividade pela adoção e reforço de práticas de desenvolvimento sustentável.

Segundo dados fornecidos pela Corticeira Amorim sobre acompanhamento de José Andrade, importa mencionar as vantagens na utilização dos painéis de aglomerado de cortiça expandida:

- 100% Natural e ecológico;
- Durabilidade praticamente ilimitada;
- Sem perda de características;
- Permeável ao vapor;
- Densidade: 100/120kgs/m³;
- Resistência à compressão (10% deformação) ≥ 100 kPa;
- Excelente estabilidade dimensional;
- Ótimo comportamento em situações de grandes amplitudes térmicas
- Produto totalmente reciclável e reutilizável;

- Condutibilidade térmica de 0,036 a 0,040 W/m.°C (o valor declarado é de 0,040 W/m.°C);
- Excelente isolamento acústico;
- Bom comportamento ao fogo/não liberta gases tóxicos;
- Não atacado por roedores.

A proveniência deste material é de uma cobertura suberosa da espécie “*Quercus Suber I*”, normalmente designada de sobreiro. As suas propriedades decorrem naturalmente da sua estrutura e da composição química das membranas celulares. No seu fabrico são utilizados unicamente grânulos de cortiça, que quando sujeitos a um processo térmico libertam uma resina a Suberina, que funciona como aglutinante (natural).

A aplicação deste material na fachada será realizada mecanicamente sobre um ripado de pinho tratado. Os painéis de MDFachada, Figura 5.88, deverão ter encaixes rebaixados para facilitar a sua fixação e alinhamento, evitando a existência de pontes térmicas. A escolha desta gama é devido a ter uma maior densidade, bem como uma seleção e tratamento mais cuidadoso do material utilizado. Os painéis a aplicar têm uma dimensão de 100 x 50 cm e uma espessura de 10 cm.



Figura 5.88 – Aplicação de MDFachada (Fonte: Corticeira Amorim, 2009).

De registar que os sistemas de fixação utilizados na realização destes trabalhos, deverão ser da marca ROTHOBLAAS.

Ao nível da cobertura, Figura 5.89, os painéis *standards* serão dispostos sobre a impermeabilização (cobertura invertida) e superiormente será colocada uma barreira para vapor mas hidrófuga para receber a cobertura ajardinada. Estes painéis *standards* deverão ter 4 cm de espessura e assegurar uma resistência à compressão superior a 100 KPa, de forma a resistir ao aumento de carga verificado no substrato após absorção da água pluvial no período de inverno.



Figura 5.89 – Aplicação de aglomerado de cortiça expandida *Standard* (Fonte: Corticeira Amorim, 2012).

O material a aplicar na caixa-de-ar dos elementos de parede, laje de pavimento e cobertura, comercializado pela empresa Biohabitat e designado de Isofloc Figura 5.90, apresenta um conjunto de características interessantes ao nível do isolamento acústico e térmico.

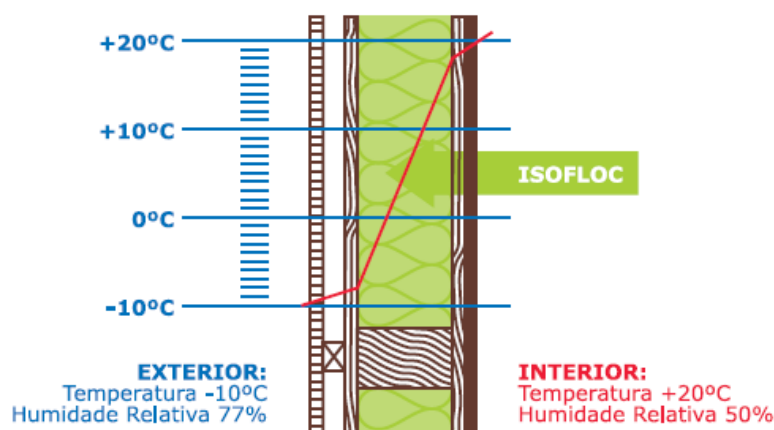


Figura 5.90 – Comportamento térmico do Isofloc (Fonte: Biohabitat, 2009).

É um material sustentável e de grande versatilidade na aplicação e que apresenta as seguintes características:

- Excelente comportamento térmico e acústico;
- Material à base de celulose (91%), sendo a matéria-prima papel de jornal (sobras de tipografia de papel em estado limpo) e sais de boro (9%) que é um mineral natural;
- Pode ser injetado, insuflado ou projetado em paredes, pavimentos, tetos e coberturas;
- Os aditivos deste produto (sais de boro) conferem características ignífugas e fungicidas, afastam bichos e roedores, e evitam a própria decomposição do produto;
- Material não tóxico, inodoro e neutro nas vertentes elétricas e electroestáticas;
- O gasto energético na sua produção é 36 vezes inferior ao dos outros isolantes.

A escolha deste material permite um reforço do isolamento através da sua injeção ou projeção entre os espaços livres existentes no ripado das vigas lameladas dos painéis modulares.



Figura 5.91 – Aplicações do Isofloc (Fonte: Biohabitat, 2009).

A caixa-de-ar dos painéis de parede exterior e interior, são preenchidos com Isofloc numa espessura de 8 cm, sendo que nos painéis de laje de pavimento e cobertura o enchimento será de 16 cm.

Os painéis de parede e laje de cobertura são ainda reforçados exteriormente com a aplicação de aglomerado de cortiça expandida. No entanto o painel de laje de pavimento não recebe qualquer isolamento pelo exterior, porém a espessura aplicada de Isofloc na caixa-de-ar (16 cm), consegue garantir os níveis de conforto térmico.

Esta espessura de enchimento, permite ainda que os painéis de aglomerado de cortiça expandida *standard* aplicados na cobertura tenham uma espessura inferior ao aplicado nas fachadas, reduzindo os custos de aquisição do material e reduzindo a altura da cobertura ajardinada face à platibanda. O material pode ser aplicado com três cores possíveis, Figura 5.92, no entanto e uma vez que este material não fica à vista não existe essa necessidade, podendo-se optar pela cor natural.



Figura 5.92 – Cores possíveis do Isofloc (Fonte: Biohabitat, 2009).

No Anexo 6 e como complemento a este capítulo, seguem as fichas técnicas dos materiais mencionados, contendo todas as características técnicas e dimensões *standard*.

5.9. Revestimentos interiores

5.9.1. Enquadramento

O tema em análise é de uma enorme abrangência, quer pela quantidade de materiais que existem no mercado ou em desenvolvimento, quer pela abordagem que se pretende aplicar neste projeto. Desta forma, este subcapítulo é referente a todos os revestimentos/acabamentos que prevemos aplicar ao nível do pavimento, paredes e tetos.

Neste ponto será realizado um enquadramento global das soluções atuais, bem como as principais funções que devem ser analisadas na seleção e aplicação dos mesmos.

Os revestimentos têm como principal função, a proteção dos elementos estruturais. Funcionam como auxílio na impermeabilização e isolamento do conjunto, já que contribuem para a estanquicidade ao ar e água, bem como para a proteção térmica e/ou acústica, sem descurar o seu contributo ao nível das funções de segurança contra

incêndios, intrusões, etc. O revestimento adquire ainda uma função estética de enorme importância, valorizando economicamente o edificado, promovendo a salubridade, a higiene e a segurança na utilização (Dornelas, 2012).

Os revestimentos podem ser classificados de horizontais ou verticais, mediante a sua localização face ao seu elemento de apoio. Quando nos referimos a revestimentos de pavimentos e tetos, estes são classificados de horizontais e quando o elemento de apoio se trata de uma parede, este é qualificado como revestimento vertical. Relativamente à sua localização no edifício, estes podem ser classificados de interiores (quando aplicados no interior do edifício) ou exteriores (quando aplicados em fachadas, pátios exteriores, etc.). A sua técnica de fixação, pode ser por suporte aderente, quando são utilizadas argamassas, cimentos cola ou materiais de aderência, ou fixados com recurso a dispositivos, como parafusos, grampos, etc. Relativamente à sua aplicação e aspeto final, os revestimentos podem ter uma continuidade superficial monolítica, sem juntas aparentes (argamassas e pastas com aplicação de pintura ou textura, ou argamassas pigmentadas), ou modular, com juntas aparentes (cerâmicos, pedras, madeira, vinil) (Dornelas, 2012).

Segundo um documento da Universidade do Minho, os revestimentos para pavimentos tem exigências funcionais de segurança, habitabilidade e durabilidade.

Ao nível das exigências funcionais de segurança, estes devem ter resistência mecânica, sendo que os revestimentos de piso devem suportar cargas permanentes e sobrecargas de utilização sem se verificarem fendas ou fraturas. Devem suportar ainda deformações provocadas nas bases de assentamento pela atuação de cargas estáticas ou dinâmicas. O revestimento deve apresentar resistência na circulação, não sendo escorregadio em instalações sanitárias ou zonas de lavagem, mesmo com piso molhado. Os cobertores dos degraus também devem possuir esta característica, reforçado com a ausência de obstáculos ao nível do piso. Destaque ainda para a segurança contra risco de incêndio, já que o revestimento quando em contacto com materiais quentes ou inflamados, ou em caso de incêndio, este não deverá inflamar-se facilmente, propagar facilmente a chama ou libertar gases tóxicos aquando da sua combustão. Existem ainda as exigências de segurança contra riscos de eletrocussão já que os revestimentos devem possuir elevada resistência elétrica e por consequência baixa condutibilidade.

Nas exigências funcionais de habitabilidade, temos a estanquidade, sendo que os pavimentos dos pisos térreos devem ser estanques à humidade ascendente do solo e deve ainda assegurar-se a estanquidade dos remates do piso com elementos emergentes da construção. A salubridade, sendo que os revestimentos devem ter características que permitam a manutenção do seu estado de limpeza e não devem ser afetados pelos produtos químicos usados. O conforto higrotérmico, já que a resistência térmica dos revestimentos poderá contribuir para a diminuição das perdas térmicas através dos pavimentos, funcionando assim como isolamento térmico, bem como possuir a capacidade de secar as superfícies, em que a temperatura superficial dos revestimentos deve ser tal que evite a existência de condensações. O conforto acústico é outro dos parâmetros, já que o revestimento de piso e respetivo suporte deve apresentar isolamento sonoro à transmissão de ruídos de percussão e possuir elevados coeficientes de absorção sonora, quando em presença de locais com tempos de reverberação elevados. Temos ainda o conforto na circulação pois estes devem apresentar planeza e horizontalidade e devem ter boas características de resiliência. O conforto visual já que os revestimentos devem ser agradáveis à vista, com retilinearidade das arestas, ausência de defeitos superficiais, possuir uniformidade da cor e do brilho e textura uniforme e lisa. De salientar as exigências ao nível do conforto táctil, já que a temperatura superficial do revestimento deve ser adequada ao tipo de utilização do local e ser incapaz de acumular eletricidade estática.

Por último temos as exigências funcionais ao nível da durabilidade, sendo esta intrínseca pois os materiais constituintes dos revestimentos não devem alterar as suas características quando submetidos a variações de temperaturas, de humidade ou à ação de radiações ultravioletas e devem resistir às ações provocadas por agentes biológicos. A durabilidade em função do uso, pois os revestimentos de piso devem possuir as características de resistência ao desgaste, ao punçoamento, ao choque e à ação da água e produtos químicos, apresentando-se de fácil limpeza, conservação e reparação.

Faça à importância que os revestimentos de pavimento adquiriram, existe um conjunto alargado de normas e legislação afeta a este material. As suas características

de resistência ao desgaste, bem como em termos de salubridade e higiene, são alvo de estudos alargados, que resultam em normas e classificações tipo, Figura 5.93.

“(…), a escolha dos produtos deve ser feita de acordo com as condições de uso a que o produto vai ser sujeito, considerando a norma EN 685: 2007 (Resilient, textile and laminate floor coverings - Classification) (Goerke 2008), que foi posteriormente substituída pela norma EN ISO 10874:2009. Após a revisão da última, atualmente é a norma EN ISO 10874:2012 que se encontra em vigor. Esta estabelece um sistema de classificação de revestimentos de pavimento resilientes, têxteis e laminados baseado em requisitos práticos para áreas e intensidade de uso, (...)” (GOMES, 2012).

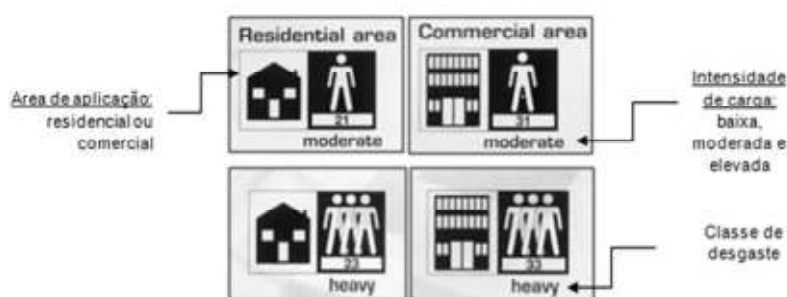


Figura 5.93 – Exemplos de classes de uso dos revestimentos de pavimento (Gomes, 2012).

Importa realizar também uma pequena abordagem aos revestimentos de paredes interiores, que segundo um documento da Universidade do Minho, se podem dividir em quatro grupos principais. Temos os revestimentos de regularização, que são aplicados diretamente sobre os suportes e proporcionam à parede as condições requeridas de planeza, verticalidade e regularidade superficial. Temos ainda os revestimentos de acabamento que proporcionam às paredes um complemento de regularização, reunindo a maior parte deles condições para conferir às paredes um aspeto agradável requeridos pelas exigências de conforto visual. Normalmente é feita uma subsequente aplicação de um revestimento do tipo decorativo ou resistente à água. Os revestimentos resistentes à água são utilizados em paredes nos locais dos edifícios onde seja frequente a presença da água (instalações sanitárias, cozinhas, lavandarias, etc.). Por últimos existem os revestimentos decorativos que são aplicados por razões de ordem estética e destinam-se a proporcionar às paredes, quando as camadas de revestimento subjacentes não o tenham conseguido, o aspeto pretendido pelos utentes ou requerido pelas exigências de conforto visual.

Relativamente aos tipos de materiais que podemos aplicar no revestimento de pisos e paredes, estes podem ser muito variados, o que reforça a enorme oferta de produtos no mercado atual. O desenvolvimento tecnológico, a implementação de políticas ambientais, bem como o aumento dos padrões de conforto, fizeram que a oferta crescesse complementada por preços competitivos.

Ao nível dos revestimentos para pavimentos, podemos mencionar como principais grupos de materiais, os revestimentos à base de derivados de madeira ou de origem vegetal, como a madeira maciça, bambu, cortiça e laminados. Temos os revestimentos duros naturais, que compreendem as pedras naturais, que são peças de material rochoso natural, incluindo mármore, granito e outras pedras naturais. Existem ainda os revestimentos duros transformados, que podem ser produtos cimentados como os mosaicos e produtos cozidos como os ladrilhos de cerâmica. Mencionar ainda os revestimentos de origem têxtil e os revestimentos resilientes, que abrangem produtos constituídos por borracha natural e sintética, plástico e cortiça, estando a cortiça já atribuída às categorias dos revestimentos de pavimento de madeira (Gomes, 2012). Existem ainda alguns materiais no mercado que por vezes podem ser de difícil enquadramento nestes grupos gerais mas que importam mencionar, face à sua larga aplicação. São o caso das pedras artificiais como o caso da marmorite, mármore compactados, etc., do vidro enquanto revestimento de pavimento, bem como toda a gama de autonivelantes ou pavimentos em betão colorido, Figura 5.94, (Silva, *et. al*, 2010).



Figura 5.94 – Aplicação de autonivelante de coloração (Socimorcasa).

Relativamente aos revestimentos a aplicar nas paredes e a semelhança dos revestimentos de piso, estes também podem ser organizados por grupos, como

revestimentos à base de derivados de madeira ou de origem vegetal, revestimentos duros naturais ou pedras artificiais, revestimentos duros transformados, de origem têxtil ou revestimentos resilientes. Grande parte dos materiais aplicados para revestimento dos pavimentos pode e é aplicada também nas paredes interiores confinantes. Nesse sentido, a aplicação destes revestimentos pode ser também com recurso a suporte aderente, ou por sistemas de fixação, apresentando uma continuidade superficial modular ou monolítica. Importa no entanto mencionar que os materiais mencionados são principalmente revestimentos decorativos, que necessitam que a parede previamente receba a aplicação de uma argamassa de regularização de ligantes hidráulicos, por via manual ou por projeção, assim como nos pavimentos é necessária a prévia realização de um betonilha para preparação da base.

Existe no entanto um conjunto de materiais que se aplicam em paredes interiores que não são aplicados em pavimentos, como é o caso das forras em gesso cartonado (colado ou fixo em sistema de perfilaria), Figura 5.95, bem como os rebocos estanhados, estes são revestimentos de regularização e acabamento geralmente complementados com pintura. Existe ainda a aplicação do papel de parede, que se pode enquadrar nos revestimentos à base de derivados de madeira ou de origem vegetal e que recentemente tem adquirido maior importância enquanto material para construção.

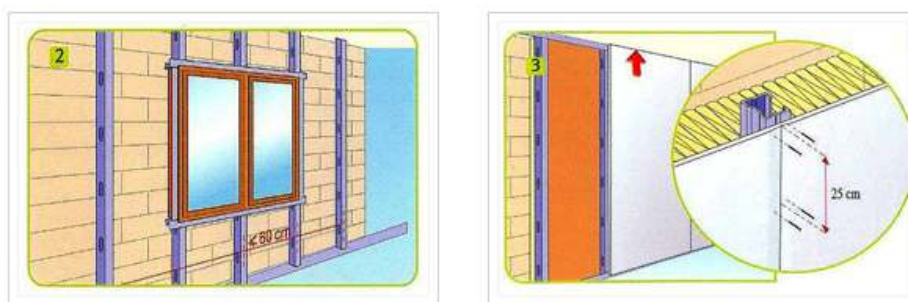


Figura 5.95 – Forra de parede com gesso cartonado e perfilaria (Divibérica, 2010).

Segundo um documento da Universidade do Minho, a pintura pode ser encarada como um revestimento, já que a tinta é um produto pigmentado, geralmente líquido que, quando aplicado em camadas finas sobre uma superfície se transforma, numa película sólida, insolúvel na água, resistente, aderente e opaca de características protetoras e decorativas. A pintura constitui o principal acabamento para paredes

interiores, concorrendo para o seu bom aspeto e higiene tornando, portanto, as habitações alegres, atraentes e mais saudáveis. As tintas para interiores devem ter algumas características entre as quais se destacam a boa aderência à base de aplicação, resistência à lavagem, resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos e boa permeabilidade ao vapor de água. As mais usadas em interiores são as tintas de água, normalmente de acabamento mate acetinado, embora exista quem prefira acabamentos brilhantes (esmaltes aquosos, solúveis em água). No entanto, não é aconselhável utilizar em interiores tintas com muito brilho, devido à reflexão da luz que afeta quem está a trabalhar. As tintas destinadas a cozinhas devem para além das propriedades já referidas, ser resistentes a produtos químicos. Nas instalações sanitárias ou zonas húmidas, as tintas devem ser resistentes à humidade e fungos. Para interiores existe uma grande variedade de tintas que permitem obter aspectos muito diversificados, tais como mate liso, imitação de mármore, policromático, brilhante, semi-brilhante, acetinado, rugoso, espatulado, etc.. É sempre aconselhável adquirir as tintas e o esmalte já preparados e de marca reconhecida no mercado, bem como fiscalizar a sua aplicação e misturas.

O desenvolvimento da indústria de tintas é constante quer no sentido de aperfeiçoar produtos já existentes, quer no sentido de criar novas soluções, mais adequadas às exigências do sector da construção e às tendências estéticas e arquitetónicas.

Neste contexto, é importante realçar o crescimento das tintas com padrões cada vez mais diversificados e o desenvolvimento das tintas ditas "verdes", influenciado pelas crescentes preocupações ecológicas e ambientais, Figura 5.96. A necessidade de cumprir a legislação relativa ao meio ambiente provoca a diminuição das tintas em solventes e o crescimento das tintas de água e em pó.

COMPARAÇÃO TÉCNICA		
Critério	Tintas Tradicionais	TINTAS ECOLÓGICAS
Composição química	Solventes COV's elevados Alquilfenoletoxilados-APEO nonilfenol	Água COV's baixos Isenção de APEO Isenção de nonilfenol
Impacto na saúde do Pintor	Elevado	Quase nulo
Impacto na saúde do Morador	Elevado	Nulo
Impacte ambiental	Elevado	Nulo
Rendimento	Bom	Bom
Resistência ao tempo	Bom	Bom
Penetração no substrato	Boa e Muito boa	Boa
Cores disponíveis	Todas	Quase todas

Figura 5.96 – Quadro comparativo de uma tinta ecológica (Ecolux, 2010).

Quando analisamos os revestimentos de tetos, encontramos algumas lacunas de informação técnica sobre as considerações gerais em termos de sistemas de fixação, grupos de revestimentos, etc.

Da pesquisa realizada, podemos caracterizar os revestimentos de tetos interiores no que concerne ao tipo de sistema de fixação, em dois grupos principais. Podemos definir que estes podem ser por suporte aderente, ou com recurso a dispositivos de fixação. O primeiro compreende revestimentos a base de rebocos hidráulicos ou gesso, por via manual ou de projeção, que funcionam como revestimentos de regularização e acabamento, geralmente complementados com pintura. Este tipo de revestimento de tetos, foi largamente utilizada na construção portuguesa, existindo verdadeiras obras de arte em algumas casas nobres, vulgarmente conhecido como estuque, Figura 5.97, onde a aplicação do gesso se realiza em fasquiado de madeira, intitulado de estafe. Atualmente este tipo de revestimento só é executado em obras de reabilitação, vulgarizando-se a aplicação de gesso por via de projeção ou com recurso a placas pré-fabricadas (Coutinho, 2002).

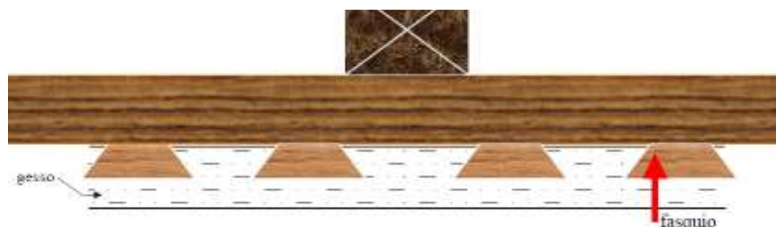


Figura 5.97 – Aplicação de estuque (Coutinho, 2002).

O segundo grupo, compreende que o revestimento esteja suspenso por via de uma fixação ao teto real, cuja denominação mais vulgar é de teto falso, possibilitando um enorme número de soluções e revestimentos possíveis.

Este tipo de solução técnica tem sido largamente aplicada, devido à rapidez de execução, versatilidade, permitindo a criação de zonas de passagem das infraestruturas técnicas de eletricidade, ventilação, etc. A criação de uma caixa-de-ar com o teto real, possibilita ainda a colocação de isolamento térmico, reforçando e melhorando o conforto térmico dentro do edifício.

Os tetos falsos dividem-se fundamentalmente em dois grupos principais, sendo os tetos metálicos e os de gesso cartonado. Os tetos metálicos podem ser em quadrícula, lâminas ou em painéis de alumínio, sustentados por tirantes, molas de suspensão e perfis de borda, Figura 5.98.

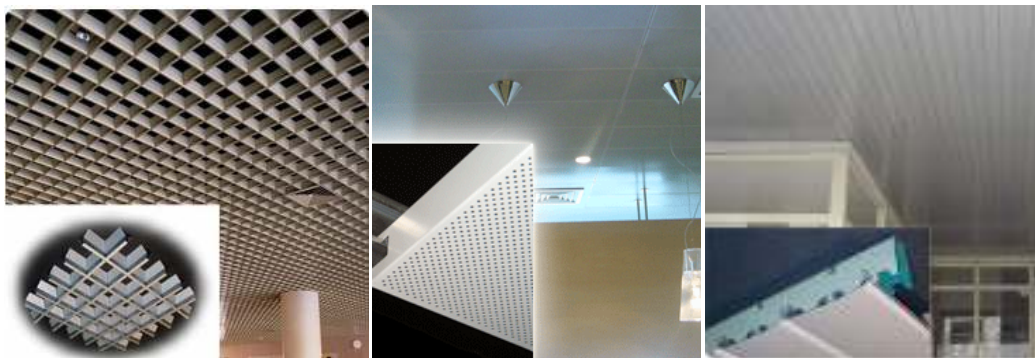


Figura 5.98 – Tetos falsos em quadrícula, painéis e lâminas metálicas (Fonte: Gabelex Saint-Gobain).

Os tetos falsos em gesso cartonado podem ser contínuos ou moldados, Figura 5.99, sendo que os primeiros permitem obter vãos para colocação de equipamentos, tem ausência de juntas devido ao barramento efetuado posteriormente e caracteriza-se pela elevada precisão de nivelamento. Os tetos moldados, São formados por uma estrutura modulada de perfis primários e secundários, sobre a qual se colocam as placas de gesso. Essas placas permitem múltiplos acabamentos, bem como a possibilidade de incorporar isolamento ou fibras, melhorando a sua resistência mecânica e térmica. Este tipo de teto adquire especial importância em zonas comerciais ou escritórios, devido a ser leve, desmontável e de fácil acesso a qualquer infraestrutura que se localize sobre este.



Figura 5.99 – Teto falso gesso cartonado moldado e contínuo (Divibérica, 2010).

Os princípios utilizados nos sistemas de fixação dos tetos acima mencionados, foram largamente aplicados em revestimentos menos convencionais como fibras de lã de

madeira presentes na Figura 5.100, bem como painéis de madeira, vidro, compósitos diversos, entre outros, possibilitando múltiplas escolhas ao cliente, bem como elevando a fasquia da qualidade arquitetónica e estética.



Figura 5.100 – Teto falso em fibras naturais Celenit (Fonte: Ecoplace, 2012).

5.9.2. Solução Adotada

A escolha dos materiais a aplicar neste projeto, foi de grande dificuldade face à enorme oferta de mercado, o que levou a elaboração de alguns critérios de forma a facilitar as opções tomadas. Dessa forma, os critérios base tidos em conta foram os seguintes:

- Utilização de materiais ecológicos, com reduzido impacto ambiental e passíveis de serem reciclados;
- Facilidade e rapidez na sua aplicação, com reduzidos níveis de desperdício e preço competitivo;
- Materiais duráveis, confortáveis, higiénicos e estéticos ao olhar.

A primeira opção em análise para revestimento de pavimento foi o vinílico, devido à sua facilidade na aplicação, bem como na possibilidade de ser colocado em locais como instalações sanitárias, onde os níveis de humidade são mais elevados. Apesar do desenvolvimento técnico verificado neste tipo de materiais, permitindo a sua reciclagem após a sua vida útil e oferecendo níveis de conforto e higiene distintos, a sua constituição base de origem petroquímica obrigou a analisar outros materiais.

Após um estudo de mercado, a escolha recaiu sobre materiais de origem natural nas zonas comuns e quartos. Uma vez que a sua aplicação não se adequa a locais com grandes níveis de humidade, optamos pela colocação de material cerâmico de origem nacional nas instalações sanitárias e cozinhas.

Relativamente à gama de materiais de origem natural, optamos inicialmente por materiais convencionais como os pavimentos laminados, vulgarmente denominados de soalhos flutuantes. No entanto, em 2012, a empresa Corticeira Amorim lançou um pavimento em mosaico, que reúne todos os critérios anteriormente mencionados. A sua rapidez na aplicação sem necessidade de colas ou qualquer outro material complementar, bem como todas as restantes características técnicas, tornaram esta opção bastante interessante e a escolha base para este projeto.

A aplicação deste material, cuja dimensão *standard* é 60x45x0,55 cm, é realizada com a maior largura da peça (60 cm) paralela com a menor largura do módulo (300 cm), de forma a reduzir os desperdícios, Figura 5.101.

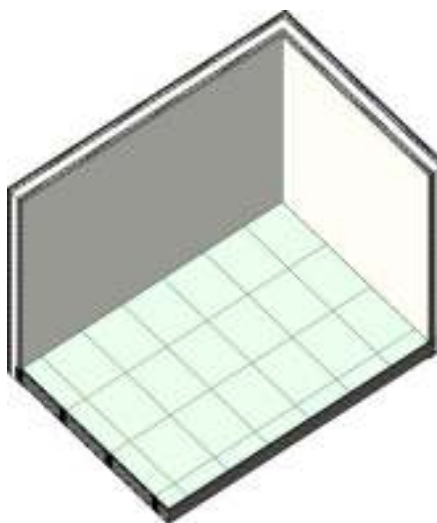


Figura 5.101 – Esquema de montagem do revestimento de pavimento.

Se considerarmos a colocação deste material em todo o pavimento do módulo tipo para uma análise dos desperdícios resultantes, constatamos que estes são mínimos, Tabela 5.19.

Tabela 5.19 – Análise do desperdício resultante da aplicação do pavimento FastConnect.

Elemento	Corkcomfort FastConnect					
Tipo de Material	Mosaico de cortiça Grip					
Dimensão (cm)	60 x 45					
Espessura (mm)	5,5					
	Necessário			Adquirido		Desperdício
Tipo de Material	Comp. (m)	Largura (m)	Total (m2)	Unidades	Total (m2)	(m2)
Mosaico 60 x 45 cm	6,00	3,00	18,00	67,00	18,09	-0,09
Desperdício (cm)						
Qtd.	Un.	Comp. (cm)	Total (cm)			
1,00	un	15,00	60,00			

Apesar do cerâmico ter um custo energético elevado aquando da sua produção, as quantidades a aplicar deste material são bastante reduzidas, limitando-se apenas às instalações sanitárias e cozinha. Este material apresenta uma ampla opção de escolha, bem como sistemas de colocação cada vez mais rápidos e limpos. A sua durabilidade e estanquicidade, bem como o seu preço competitivo, tornam este material como a escolha óbvio para este projeto. Os nossos critérios de escolha recaíram sobre um cerâmico cujo processo produtivo reduz o impacto ambiental, da empresa nacional RECER. O cerâmico a aplicar nos pavimentos e paredes, tem a dimensão 20x20 cm, de forma a facilitar o transporte e aplicação, reduzindo os cortes e os desperdícios resultantes. De salientar que ao optarmos por este material, potenciamos a quantidade em palete, reduzindo de forma direta os gastos referentes ao transporte, na eventualidade de aquisição de grandes quantidades.

Ao considerarmos a colocação deste material em todo o pavimento das duas tipologias de instalação sanitária, verificamos que os desperdícios resultantes, são mínimos. As tipologias em análise contemplam uma instalação sanitária com uma área de 210x190 cm e outra com 300x150 cm, Figura 5.102.

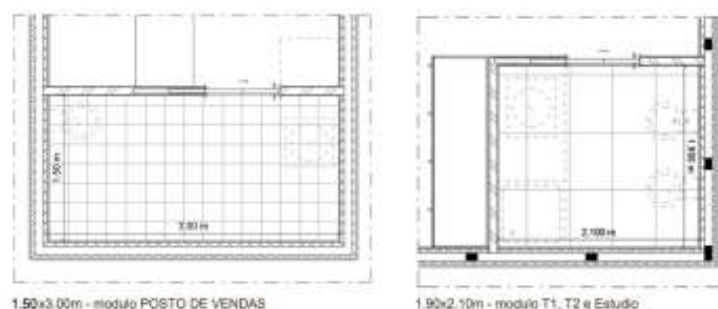


Figura 5.102 – As duas tipologias tipo de instalações sanitárias.

Na primeira tipologia, constatamos que ao utilizar um cerâmico 20x20, o desperdício é inexistente, já que os fechos aproveitam quase na totalidade o material adquirido, Tabela 5.20.

Tabela 5.20 – Desperdício de cerâmico em pavimentos da casa de banho para a primeira tipologia.

Elemento	Urban M20x20						
Tipo de Material	Cerâmico						
Dimensão (cm)	20 x 20						
Espessura (mm)	6						
	Necessário			Adquirido			Desperdício
Tipo de Material	Comp. (m)	Largura (m)	Total (m2)	Comp. (m)	Largura (m)	Total (m2)	(m2)
Mosaico 20 x 20 cm	2,10	1,90	3,99	2,00	2,00	4,00	-0,01

A segunda tipologia tem um desperdício ligeiramente maior, mas também sem expressão já que ao tratar-se de peças de fecho, estas podem ser reutilizadas em intervenções posteriores, Tabela 5.21.

Tabela 5.21 – Desperdício de cerâmico em pavimentos da casa de banho para a segunda tipologia.

Elemento	Urban M20x20						
Tipo de Material	Cerâmico						
Dimensão (cm)	20 x 20						
Espessura (mm)	6						
	Necessário			Adquirido			Desperdício
Tipo de Material	Comp. (m)	Largura (m)	Total (m2)	Comp. (m)	Largura (m)	Total (m2)	(m2)
Mosaico 20 x 20 cm	3,00	1,50	4,50	3,00	1,60	4,80	-0,30

As paredes das instalações sanitárias têm como acabamento final o mesmo tipo de cerâmico, a toda a altura do pé direito. Para uma análise geral dos desperdícios resultantes desta tarefa, consideramos a ausência de vãos exteriores e interiores. Tal como no pavimento, realizamos o estudo para as duas tipologias possíveis de 210x190 cm e 300x210 cm, considerando o pé direito de aproximadamente 240 cm.

Tabela 5.22 – Desperdício de cerâmico em paredes da casa de banho para a primeira tipologia.

Elemento	Urban M20x20								
Tipo de Material	Cerâmico								
Dimensão (cm)	20 x 20								
Espessura (mm)	6								
	Necessário				Adquirido				Desperdício
Tipo de Material	Qtd.	Comp. (m)	Altura (m)	Total (m2)	Qtd.	Comp. (m)	Altura (m)	Total (m2)	(m2)
Mosaico 20 x 20 cm	2,00	2,10	2,40	10,08	2,00	2,20	2,40	10,56	-0,48
Mosaico 20 x 20 cm	2,00	1,90	2,40	9,12	2,00	1,80	2,40	8,64	0,48
	Reaproveitamento total								

Na primeira tipologia e conforme a Tabela 5.22, o desperdício de cerâmico é inexistente, uma vez que a configuração permite o aproveitamento total do material quando se realizam os fechos. Na segunda tipologia, o desperdício também é reduzido, resultando em peças que podem ser utilizadas para fechos a realizar posterior, Tabela 5.23.

Tabela 5.23 – Desperdício de cerâmico em paredes de casa de banho para a segunda tipologia.

Elemento	Urban M20x20								
Tipo de Material	Cerâmico								
Dimensão (cm)	20 x 20								
Espessura (mm)	6								
	Necessário				Adquirido				Desperdício
Tipo de Material	Qtd.	Comp. (m)	Altura (m)	Total (m2)	Qtd.	Comp. (m)	Altura (m)	Total (m2)	(m2)
Mosaico 20 x 20 cm	2,00	1,50	2,40	7,20	2,00	1,60	2,40	7,68	-0,48
Mosaico 20 x 20 cm	2,00	3,00	2,40	14,40	2,00	3,00	2,40	14,40	0,00

Na Figura 5.103, segue o pormenor construtivo de parede e pavimento das instalações sanitárias com a aplicação do cerâmico.



Figura 5.103 – Disposição do cerâmico de parede nas instalações sanitárias.

A aplicação de cerâmico também é também realizada nas paredes entre os armários superiores e inferiores de cozinha, com uma altura de 60 cm pelo desenvolvimento do armário. Ao nível do pavimento da cozinha do módulo “Estúdio”, o cerâmico será colocado junto ao armário numa largura de 80 cm e entre os módulos de cozinha e a mesa na habitação “T1” e “T2”. O estudo realizado ao nível dos desperdícios contempla as duas tipologias de cozinha, uma para a habitação “T1” e “T2” e outra para o módulo “Estúdio”, Figura 5.104.

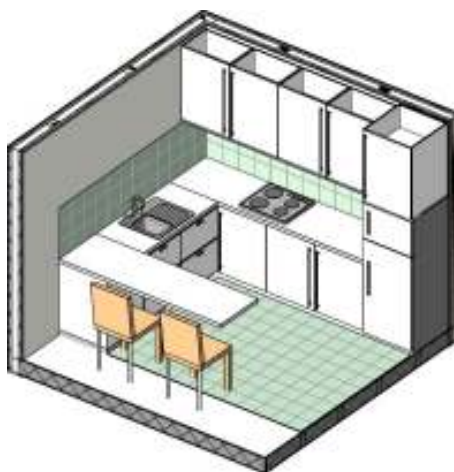


Figura 5.104 – Disposição do cerâmico na tipologias de cozinha.

Relativamente ao módulo “Estúdio” o desperdício de cerâmico nas paredes e pavimentos é nulo, conforme Tabela 5.24.

Tabela 5.24 – Desperdício de cerâmico em paredes e pavimento na cozinha do módulo “Estúdio”.

Elemento	Urban M20x20									
Tipo de Material	Cerâmico									
Dimensão (cm)	20 x 20									
Espessura (mm)	6									
	Necessário				Adquirido				Desperdício	
Tipo de Material	Qtd.	Comp. (m)	Altura (m)	Total (m2)	Qtd.	Comp. (m)	Altura (m)	Total (m2)	(m2)	
Mosaico 20 x 20 cm	2,00	0,60	0,60	0,72	2,00	0,60	0,60	0,72	0,00	
Mosaico 20 x 20 cm	1,00	2,00	0,60	1,20	1,00	2,00	0,60	1,20	0,00	

Elemento	Urban M20x20									
Tipo de Material	Cerâmico									
Dimensão (cm)	20 x 20									
Espessura (mm)	6									
	Necessário				Adquirido				Desperdício	
Tipo de Material	Qtd.	Comp. (m)	Largura (m)	Total (m2)	Qtd.	Comp. (m)	Largura (m)	Total (m2)	(m2)	
Mosaico 20 x 20 cm	1,00	2,00	0,80	1,60	1,00	2,00	0,80	1,60	0,00	

Relativamente à cozinha a colocar no edifício “T1” ou “T2”, os desperdícios também são inexistentes, quer pelo formato adotado da cozinha, mas também devido à dimensão do cerâmico que permite grande versatilidade e reduzidos cortes, Tabela 5.25.

Tabela 5.25 – Desperdício de cerâmico em paredes e pavimento da cozinha no edifício “T1” e “T2”.

Elemento	Urban M20x20								
Tipo de Material	Cerâmico								
Dimensão (cm)	20 x 20								
Espessura (mm)	6								
	Necessário				Adquirido				Desperdício
Tipo de Material	Qtd.	Comp. (m)	Altura (m)	Total (m2)	Qtd.	Comp. (m)	Altura (m)	Total (m2)	(m2)
Mosaico 20 x 20 cm	1,00	2,40	0,60	1,44	1,00	2,40	0,60	1,44	0,00
Mosaico 20 x 20 cm	1,00	2,00	0,60	1,20	1,00	2,00	0,60	1,20	0,00

Elemento	Urban M20x20								
Tipo de Material	Cerâmico								
Dimensão (cm)	20 x 20								
Espessura (mm)	6								
	Necessário				Adquirido				Desperdício
Tipo de Material	Qtd.	Comp. (m)	Largura (m)	Total (m2)	Qtd.	Comp. (m)	Largura (m)	Total (m2)	(m2)
Mosaico 20 x 20 cm	1,00	2,40	1,80	4,32	1,00	2,40	1,80	4,32	0,00

Os cimentos cola e massa de betumação a utilizar na aplicação do cerâmico, são da marca MAPEI, devido à qualidade dos seus produtos em termos de características técnicas e de comportamento, bem como da sua classificação de produto ECO. Desta forma conseguimos tempos de aplicação reduzidos que se reflete no custo da tarefa, mas também níveis de resistência, salubridade e durabilidade acima da média. Importa ainda salientar a política ambiental que esta empresa tem adotado, bem como a aposta na investigação numa melhoria contínua dos seus produtos.

Nas restantes paredes onde não se torna necessário colocar material cerâmico, a opção recaiu sobre a utilização de papel de parede ecológico. Este material apresenta inúmeros padrões e acabamentos possíveis, o que permite conferir ao espaço um nível estético de relevo. A sua fácil aplicação, sem ser necessário mão-de-obra qualificada, permite reduzir custos, bem como diminuir a utilização de tintas ou vernizes nas paredes interiores cujo impacto ambiental é mais significativo.

De registar que algumas gamas de papel de parede apresentam uma vasta gama de aplicações, mesmo em casas de banho, podendo também ser aplicada em pavimentos e tetos. Na primeira solução, o material é complementado com primário e resinas

epoxy, sendo que nas paredes e tetos em zonas de grande humidade, se deve optar por papel de parede vinílico contendo PVC na sua constituição. Desta forma, as paredes e tetos interiores, com exceção dos tetos das instalações sanitárias, serão revestidos a papel de parede ecológico, com recurso a colas diluídas em água que permitem uma aplicação rápida e limpa. Nos tetos das instalações sanitárias será aplicado papel de parede vinílico com colas fungicidas aumentando a sua resistência e durabilidade.

A sua aplicação deverá ser segundo a técnica “Past the wall”, onde a cola é aplicada previamente na parede e só depois aplicado o material. A gama de papel ecológico deverá ser da “Non Woven Fabric backed wallpaper”, cujo papel é revestido com uma camada de tecido, fácil de limpar e bastante resistente, Figura 5.105.



Figura 5.105 – Aplicação de papel de parede ecológico.

5.9.3. Parcerias e materiais

Conforme mencionado, as parcerias criadas na formulação e escolhas realizadas foram determinantes para optarmos por soluções mais amigas do ambiente, optando por produtos de grande qualidade comercializadas por empresas preocupadas com as questões ambientais.

Dessa forma as parcerias e as designações técnicas dos materiais foram as seguintes:

- Conforme já mencionado no ponto 5.6, a Corticeira Amorim tem colocado materiais no mercado cada vez mais revolucionários e amigos do ambiente. O reconhecimento nacional e internacional, bem como as suas políticas ambientais notáveis, tornaram-se a escolha lógica para este projeto. A opção técnica do Corkcomfort Fastconnect, Figura 5.106, foi analisado com Manuel Fontes da Corticeira Amorim, devido à sua cola sensível à pressão e ao revolucionário sistema Grip-Strip. Este material proporciona uma simples e revolucionária forma de instalação deste novo pavimento de cortiça. Uma instalação fácil e rápida sem recurso a cola, porque cada ladrilho se cola ao seguinte e não ao chão/subpavimento. A sua instalação pode ser em qualquer tipo de pavimento e com apenas 5.5mm de espessura, este material apresenta um ótimo comportamento térmico e acústico, não acumulando sujidade sendo extremamente confortável e duradouro.



166

convencional. A sua utilização neste projeto, resume-se ao mínimo indispensável nas instalações sanitárias e junto aos armários de cozinha. A gama escolhida recaiu num cerâmico de linhas simples e dimensão 20x20x0,6 cm, permitindo aproveitamentos máximos do material, mesmo quando se torna necessário realizar cortes para fechos. A sua designação comercial é o Urban M20x20 ou o Projectos M20x20, Figura 5.107, que possuem o selo Ecoceramic, que é uma classificação desenvolvida pela RECER, como resposta às necessidades da sustentabilidade, eficiência e da promoção do ambiente.



Figura 5.107 – Gama de cores do cerâmico Projectos M20x20 (Fonte: RECER, 2012).

A aposta desta empresa na sustentabilidade ambiental, reside na correta articulação de vários fatores, como sendo a eficiência energética, a utilização de fontes de energia com baixos níveis de emissões e pela utilização de um sistema de cogeração de energia elétrica e térmica. A criação de sistemas de produção que reduzam o consumo de água, com aposta na sua reutilização, bem como a redução dos consumos de matérias-primas provenientes de recursos geológicos. O transporte do material em embalagens amigas do ambiente, obtida de cartões reciclados, com áreas menores de impressão e paletes construídas com madeiras descascadas, com um tratamento constante dos efluentes gasosos. A aposta na investigação e especialização, na melhoria contínua de processos resulta com elevados níveis de desempenho contribuído para a produção sustentável.

A oferta de produtos com espessuras mais reduzidas, mas com grandes níveis de durabilidade e de prestações técnicas, permitem maior facilidade de manuseamento, exigindo menor esforço físico e conferindo maior segurança, conforto e produtividade na aplicação. Estes produtos reduzem a carga/m² sobre o edificado, facilitam o corte em obra, produzindo menores quantidades de resíduos, bem como a diminuição dos consumos associados ao transporte, com a redução do peso e do espaço de armazenamento.

A criação do selo Ecoceramic, Figura 5.108, é a garantia dada pela RECER, de que o produto aplicado garante todo um processo de fabrico, transporte, aplicação e vida útil preservando o ambiente e reduzindo o seu impacto.



**Figura 5.108 – Selo
ECOCERAMIC da marca RECER
(Fonte: RECER, 2012).**

A aplicação do cerâmico acima mencionado, será realizado com adesivo cimentício monocomponente aligeirado de elevadas prestações com a designação comercial de Ultralite S1 da Mapei. Esse material é deformável, de deslizamento vertical nulo e com tempo aberto alongado, com a tecnologia Low Dust, de elevado rendimento, e aplicação fácil com espátula, para ladrilhos em cerâmica e material pétreo.

Pode ser utilizado na colagem em interiores e exteriores, de ladrilhos cerâmicos de todo o tipo e formato (bicozedura, monocozedura, grés porcelânico, klinker, terracota etc.), de material pétreo, desde que estável e insensível à humidade, sobre os tradicionais suportes utilizados na construção. A resistência ao deslizamento torna-o adequado para assentamento de paredes na diagonal. Apropriado também sobre suportes e rebocos incoerentes, sem nivelar preventivamente, até uma espessura de 15 mm e sobre suportes deformáveis. O baixo peso específico do Ultralite S1, Figura

5.109, torna-o mais fácil de transportar e de movimentar e melhora o rendimento a 60% em relação aos adesivos tradicionais. O Ultralite S1 contém mais de 30% de material reciclado. A sua tecnologia inovadora Low Dust, permite reduzir sensivelmente a emissão de pó durante a mistura do produto, tornando a tarefa para o aplicador mais fácil e segura.

Ao nível da betumação o produto utilizado será Ultracolor Plus, Figura 5.109, que é uma argamassa de elevadas prestações, modificada com polímero, antiflorescências, para a betumação de juntas de 2 a 20 mm, de presa e secagem rápidas, hidrorrepelente, com DropEffect e anti-fungos com tecnologia BioBlock.

A sua aplicação é alargada ao nível da betumação de juntas em interiores e exteriores de pavimentos e revestimentos em cerâmica de todo o tipo (bicozedura, monocozedura, klinker, grés porcelânico, etc.), tijoleira, materiais pétreos (pedras naturais, mármore, granitos, aglomerados, etc.) pastilha de vidro e mosaico de mármore. Garante uma perfeita uniformidade de cor, não gera eflorescências, seca rapidamente, permitindo assim uma rápida utilização do pavimento e do revestimento. A tecnologia BioBlock aplicada neste produto impede, em presença de humidade, a formação e proliferação de diferentes tipos de fungos sobre a superfície da betumação. Além disso, o uso de aditivos especiais hidrorrepelentes, (tecnologia DropEffect) permite obter uma betumação com elevada hidrorrepelência e, assim, menos sujeita a sujidade e com excelente durabilidade. Indicado para a betumação de juntas em fachadas exteriores, terraços, varandas, piscinas, casas de banho e cozinhas; particularmente indicado para a betumação de pavimentos em supermercados, estações de serviço, restaurantes, aeroportos, e ambientes públicos.



Figura 5.109 – Cimento cola Ultralite S1 e argamassa de betumação Ultracolor Plus (Fonte: MAPEI, 2013).

A seleção da MAPEI enquanto parceira neste projeto, baseou-se em três critérios fundamentais, como sendo a qualidade dos seus produtos, o acompanhamento técnico disponibilizado e a sua política ambiental.

O desenvolvimento tecnológico aplicado nas suas fábricas, nos produtos e processos, minimizam os resíduos e maximizam a utilização de material reciclado. A aposta na investigação e desenvolvimento focalizam-se na formulação de produtos e sistemas eco-sustentáveis, que preveem a eliminação de solventes ou poluidores. Os mais de 150 produtos Mapei que respeitam os requisitos definidos pelo LEED, oferecem uma gama mais alargada de produtos que são amigos do ambiente.

De salientar ainda as 12 provas da natureza verde da Mapei, onde a partir dos anos 80, introduziu no mercado mundial uma linha de adesivos e outros produtos para a construção em dispersão aquosa e com baixíssimo conteúdo de solventes (COV), desenvolvidos pelo laboratório de I&D da Mapei Canadá e depois produzidos em todas as fábricas do Grupo.

O desenvolvimento da tecnologia inovadora Bioblock, desenvolvida pelos laboratórios de I&D da Mapei, foi introduzida na formulação de alguns produtos, como adesivos, argamassas para juntas e acabamentos de paredes, para impedir a formação de fungos e bolores. A aplicação da tecnologia Low Dust nos adesivos e argamassas para juntas, reduzem 90 % de emissão de pó durante a fase de mistura e utilização. Isto contribui significativamente para a melhoria da qualidade do ar e criar ambientes e obras mais limpos.

De salientar o investimento de 70% dos recursos destinados à Investigação & Desenvolvimento, para o desenvolvimento de produtos certificados LEED, produzindo mais de 150 produtos com esta certificação, a gama mais ampla na indústria dos produtos para a construção. A certificação na Green Label Plus, programa voluntário, representa o compromisso da empresa em testar os produtos para pavimentos e revestimentos têxteis e os adesivos para cerâmica. Implica padrões muito elevados para melhor a qualidade do ar em interiores, sendo que atualmente mais de 23 produtos Mapei já obtiveram esta certificação. A aposta na investigação através dos seus 8 centros, está comprometida no desenvolvimento de soluções eco-sustentáveis que apresentam um conteúdo muito baixo de emissão de compostos

orgânicos voláteis (COV), como também uma elevada percentagem de matérias-primas recicladas.

As fábricas Mapei, preveem uma racionalização do consumo de energia nos processos produtivos e no próprio funcionamento dos edifícios. As 53 unidades, utilizam materiais reciclados na composição dos seus produtos na quantidade de 4% a 10% em peso. O Ultralite S1 contem mais de 30% de material reciclado. Também a embalagem dos produtos Mapei respondem aos critérios de eco-sustentabilidade (por exemplo, é menor a utilização de matéria primas e maior a de materiais recicláveis, existindo também embalagens hidrossolúveis, etc.).

Com expedições eficazes, a utilização do transporte ferroviário e a produção dos produtos próximo do mercado, reduz o uso de combustível e minimiza a poluição causada pelo transporte rodoviário. Por exemplo, um comboio de 12 contentores transporta a mesma quantidade de material de 36 camiões. Importa referir que as novas fábricas da Mapei foram projetadas e construídas para obter a certificação LEED.

A agenda e aposta em ações de formação para aplicadores profissionais e projetistas, inclui formações específicas para a utilização de produtos Mapei eco-sustentáveis.

A última das 12 provas do Grupo Mapei, é a adoção de um sistema de gestão ambiental segundo as normas ISO 14001, OSHAS e EMAS, que trabalham para minimizar o impacto negativo das próprias atividades no meio ambiente. O Grupo também aderiu ao programa mundial das empresas químicas, Responsible Care e publica anualmente as declarações meio ambientais das suas fábricas.

De referir ainda que a Mapei, já é membro da Green Building Council (GBC) em alguns países, devido à incorporação de produtos da marca em projetos inovadores com a certificação LEED, Figura 5.110.



Figura 5.110 – Cooperações da Mapei com a GBC em países diversos (Fonte: MAPEI, 2013).

Relativamente ao acabamento das paredes interiores que não vão receber cerâmico, bem como para o revestimento dos tetos interiores, a escolha conforme mencionada recaiu no papel de parede ecológico.

A parceria criada com a empresa Pó de Carmim, sobre o apoio técnico de Joana Moraes, empresa jovem e dinâmica que revende, e comercializa uma vasta gama de revestimentos de paredes a nível nacional e internacional, permitiu-nos ter acesso aos tipos de gamas de papel de parede, métodos de aplicação e constituição do papel de parede ecológico.

Atualmente no fabrico de papel de parede existe uma grande consciência ambiental em todas as fases de produção, que vão desde a matéria-prima, onde existe uma forte política de replantio (por cada árvore cortada são plantadas 3), mas também no fabrico e embalagem. Durante todo o processo de fabricação não são utilizados compostos orgânicos voláteis, PVC e solventes nocivos. As emissões de formaldeídos e metais pesados estão em conformidade com a diretiva da união europeia e são usadas tintas com bases de água. A embalagem deste produto é realizada em materiais totalmente compostáveis. De salientar ainda, que algumas fábricas possuem a sua própria estação de tratamento de água, onde é possível conduzir todo o processo de fabrico em combinação com a recuperação de energia.

A aplicação deste material pode ser generalizada em todos os locais da habitação, mesmo em casas de banho sobre qualquer superfície, desde alvenaria, gesso, ou ainda cerâmica (desde que bem limpa para ter aderência). A parede deve estar lisa, sem buracos, rachas, limpa de gorduras ou poeiras. A primeira tira de papel servirá de guia pelo que deve estar bem nivelada. Para isso deve-se fazer uma linha de cima a baixo na parede e encostar a tira de papel a essa marcação.

O local deve estar bem iluminado e é conveniente começar a aplicação perto de uma janela. Mediante a técnica de aplicação, tradicional ou “past the wall”, devem ser respeitadas as instruções do fabricante.

Na aplicação tradicional, a cola é colocada na parte de trás do papel, onde após aguardar 2/3 minutos é colada na parede. A técnica “Past the wall”, mais aplicada em gamas de papel de parede revestido, a cola aplica-se diretamente na parede facilitando todo o restante procedimento.

Os vários tipos de papel ecológico existentes no mercado dividem-se em três grupos principais:

- *Non Woven Fabric backed wallpaper* – papel revestido com uma camada de tecido, fácil de limpar e bastante resistente;
- *Textile wallpaper* – papel com revestimento têxtil, como a seda e o algodão, de pouca durabilidade e difícil limpeza;
- *Paper wallpaper* – todo fabricado em papel, sem qualquer camada de proteção, não é lavável e menos resistente.

O avanço tecnológico realizado neste tipo de material, permitiu impulsionar novamente este tipo de revestimentos, cuja propriedades físicas e certificações encontram-se já devidamente documentadas, Figura 5.111.



Figura 5.111 – Certificações do papel de parede ecológico
(Fonte: Pó de Carmim, 2013).

Conforme indicações da empresa Pó de Carmim, alguns dos fabricantes de papéis ecológicos a prever neste projeto, deverão ser a Graham and Brown, Eco ou Rasch.

Tal como mencionado no ponto acima, só nos tetos das instalações sanitárias é que não será colocado um papel de parede ecológico com colas diluídas em água, mas sim papel de parede vinílico com recurso a cola fungicida. As colas previstas para estes trabalhos, serão da marca Henkel, da gama Metylan Universal e Especial respetivamente.



Figura 5.112 – Colas Henkel para papel de parede (Fonte: Construlink).

No Anexo 7 e como complemento a este capítulo, seguem as fichas técnicas dos materiais mencionados, contendo todas as características técnicas complementares.

5.10. Louças Sanitárias e Misturadoras

5.10.1. Enquadramento

Ao longo da história da humanidade e até perto de meados do século XVIII, a esperança média de vida na Europa era relativamente reduzida. Só a partir deste período é que se começaram a registar avanços significativos neste aspeto, devido ao aparecimento de novos medicamentos, de uma melhor alimentação, melhores condições de habitação, trabalho e salários mais elevados. No entanto um dos fatores que mais contribuíram para essa mudança foi a separação entre as águas para consumo e os excrementos humanos.

A industrialização permitiu o aumento da riqueza, dos salários e da empregabilidade, mas provocou um crescimento descontrolado das cidades de forma a albergarem os trabalhadores vindo das zonas rurais. Esta situação criou situações graves de falta de salubridade, com águas contaminadas que difundiram doenças graves não

contribuindo para o aumento da esperança média de vida e na redução da mortalidade infantil, destruindo a relação que se estabelecera entre o crescimento económico e o desenvolvimento humano. Só quando se registam alterações na regulamentação e aposta no sector da água e do saneamento básico é que se restaurou a ligação de que a criação de riqueza e o bem-estar humano estão relacionados, Figura 5.113. Uma vez que a industrialização se iniciou na Inglaterra, não é de estranhar que foram aqui que surgiram os primeiros avanços nesta área, que posteriormente se transmitiram para os restantes países Europeus e Estados Unidos (RDH, 2006).



Figura 5.113 – Relação entre a mortalidade infantil e a regulamentação do setor da água. (Fonte: RDH, 2006).

Em Portugal, verificou-se também neste período e até meados do século XX, um aumento da população com uma redução da mortalidade geral e infantil. Esta diminuição da mortalidade, segundo os historiadores da epidemiologia, deveu-se essencialmente às medidas higio-sanitárias, já que a medicina não dispunha de meios apropriados de combate às doenças nem de técnicas eficazes de tratamento.

A criação de estratégias preventivas na defesa da saúde pública centrou-se essencialmente na promulgação de medidas higienistas. Estas medidas foram mais tarde reforçadas com o desenvolvimento da medicina, com o aparecimento de melhores laboratórios, do microscópio, da química e da rede de eletricidade.

Um resultado prático destas iniciativas relativamente à proteção da salubridade habitacional, surgiu no início do século XX com a publicação de um Regulamento de Salubridade das Edificações Urbanas, com particular destaque para o capítulo I que é comum ao Regulamento sobre a construção de Prédios Urbanos. As medidas neste documento visavam garantir que as habitações fossem edificadas em terrenos com um mínimo de condições de salubridade. Procurava evitar-se que as mesmas se fizessem em zonas pantanosas e contaminadas ou repletas de substâncias imundas, favorecendo a proliferação dos agentes causais das doenças. Proíbiam ainda a construção de habitações em zonas onde os lençóis freáticos fossem contaminados pelas águas com origem nas instalações de animais ou de cemitérios. Devido à deslocação de um grande número de pessoas das zonas rurais para as principais cidades de Lisboa e Porto em busca de trabalho, obrigou a que este regulamento definia as condições mínimas para os bairros operários no capítulo III. De salientar ainda que a falta de arejamento contribuía para a propagação dos vírus e bactérias causadores de muitas doenças tonando-se por isso, premente que neste regulamento se tomassem medidas no sentido de arejar os espaços de grande concentração de pessoas. O primeiro Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), apenas foi publicado em 1951, atualizando o anterior regulamento. Ao nível da salubridade apenas existe um aprofundamento técnico do texto normativo anterior, com as devidas adaptações às novas exigências de habitação. Os artigos 83º e 84º tornam obrigatório que todas as edificações tenham instalações adequadas ao destino e utilização dessa mesma construção. Estipula-se que, em cada habitação, haja instalações sanitárias quantitativamente proporcionais ao número de compartimentos e que, no mínimo, a instalação sanitária disponha de lavatório, banheira, uma bacia de retrete e um bidé.

A grande diferença entre estes dois instrumentos normativos está na filosofia subjacente aos mesmos. Enquanto o anterior visava, essencialmente, evitar que se construísse em terrenos insalubres ou que as edificações apresentassem características propiciadoras de doenças, este novo regulamento procura também defender a qualidade e solidez das construções, bem como o bem-estar ambiental do espaço envolvente das habitações (Cosme, 2006).

Atualmente nos países desenvolvidos, o panorama do sector da água de abastecimento, águas residuais e pluviais, é alvo de enormes investimentos e estudos, onde o sector privado se articulou com o sector público de forma a oferecer um serviço mais eficiente e acessível a todos. A legislação acompanhou este processo, garantindo a segurança para as populações e consumidores.

Convém no entanto mencionar e conforme Figura 5.114, que estes avanços contrastam com a realidade, vivida nos países emergentes ou subdesenvolvidos, já que se estimativa que 1,1 mil milhões de pessoas não tem acesso a água potável e 2,6 mil milhões não tem saneamento básico (Diegues, *et al.*, 2010).

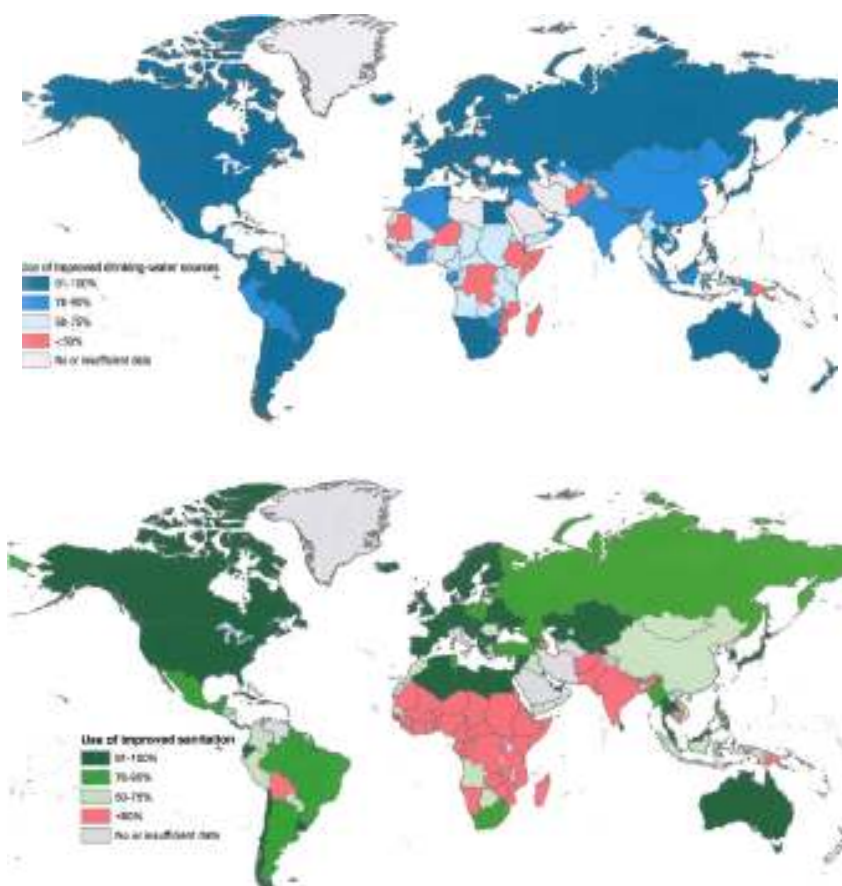


Figura 5.114 – Análise mundial do consumo de água potável e saneamento básico
(Fonte: Diegues, *et al.*, 2010).

Segundo um artigo do Jornal Expresso (2008), cada português usa diariamente em instalações sanitárias e autoclismos uma média de 40 litros de água, com qualidade para consumo humano. Esta situação é grave quando Portugal ocupa um dos lugares cimeiros no consumo doméstico por habitante, onde, de acordo com informação de organismo europeu de estatística, a capitação doméstica referente a 2005 é de 161

l/hab.dia (Miranda, 2012). Isto implica, que uma parte significativa da quantidade mencionada se perde devido a sistemas de autoclismo que não promovem a eficiência, agravados por outros equipamentos sanitários como as misturadoras conforme mencionado na Figura 5.115.

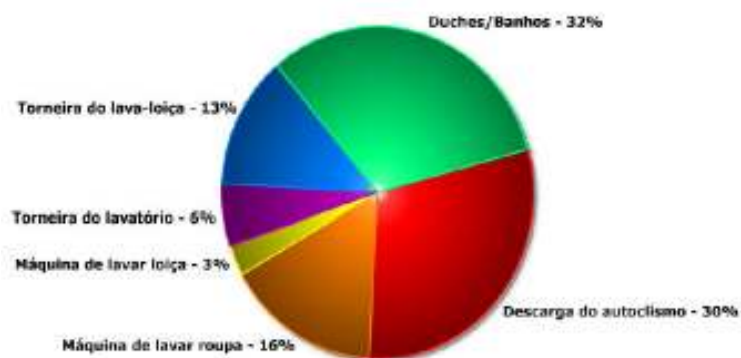


Figura 5.115 – Origem dos consumos de água (Fonte: Ecomeios).

Os desperdícios resultantes destes consumos, resultam em grande parte da falta de eficiência de alguns equipamentos, cujo custo anual por pessoa pode por vezes atingir valores bastante expressivos, sem mencionar o desperdício de um recurso indispensável à vida humana. Segundo alguns trabalhos, as diferenças registadas na aplicação de medidas e de equipamentos mais eficientes, tem uma redução muito expressiva nos consumos, provocando uma resposta imediata do mercado com a oferta de produtos cada vez mais inovadores. Segundo um estudo elaborado por Ferreira (2009), a diferença de consumos entre um equipamento tradicional e um eficiente é notável, pelo que a aposta nestes equipamentos deve ser algo discutido e analisado pelos gabinetes de projeto, promotores e clientes, Figura 5.116.

Tipo de dispositivo e equipamento	Consumo de água dos dispositivos e equipamentos	
	Tradicionais	Eficientes
Urinóis	13 litros	< 4 litros
Autoclismo	9 a 15 litros	< 6 litros
Chuveiro ¹	> 10 litros/minuto	< 7 litros/minuto
Torneiras ¹	> 10 litros/minuto	< 4 litros/minuto
Máquina de lavar roupa ²	70 a 220 litros por lavagem	< 60 litros por lavagem
Máquina de lavar loiça ²	20 a 50 litros por lavagem	< 15 litros por lavagem

¹ Caudais podem variar com a pressão na rede;

² Estes modelos de máquinas de lavar roupa e loiça são típicos residenciais, diferindo dos modelos industriais.

Figura 5.116 – Comparação de consumos entre dispositivos e equipamentos (Fonte: Ferreira, 2009).

De forma a ir de encontro a estas necessidades de poupança dos recursos, foram desenvolvidos sistemas de classificação de eficiência hídrica em equipamentos sanitários. Em Portugal podem ser considerados dois sistemas de classificação para a eficiência hídrica dos produtos sanitários, o europeu com o rótulo WELL e o nacional com o rótulo ANQIP. Estes sistemas de classificação são voluntários e representativos dos sistemas sanitários comercializados na Europa.

O sistema de classificação Water Efficiency Labelling (WELL) é uma classificação de três etiquetas, Home, Public e Upgrade. A etiqueta Home aplica-se à área de habitação no que se refere às questões de conforto e bem estar na casa de banho. A etiqueta Public refere-se às instalações sanitárias públicas, com destaque para o uso eficiente da água e, acima de tudo, na higiene. A etiqueta Upgrade aplica-se em acessórios de uso universal, possibilitando a obtenção de um nível superior de eficiência para um sistema existente no mercado.

A classificação é válida para os seguintes dispositivos:

- Torneiras de lavatório;
- Torneiras de cozinha;
- Misturadoras de chuveiro, bichas e chuveiros de mão (sistemas de duche);
- Sistemas de descarga bacias de retrete;
- Sistemas de descarga para urinóis;
- Acessórios.

O sistema de classificação WELL baseia-se numa escala de A a D (com um máximo de 4 estrelas) para produtos sanitários de aplicação em instalações privadas (“Home”), e de A a F (com um máximo de 6 estrelas) para produtos em instalações públicas (“Public”), Figura 5.117. Os critérios de avaliação desta última escala são mais alargados, dado que os produtos são avaliados com base em critérios adicionais (Miranda, 2012).



Figura 5.117 – Exemplo de rotulagem WELL (Fonte: Miranda, 2012).

Em Portugal, a classificação é promovida pela ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais, baseando-se numa escala de A a E, Figura 5.118. O nível A, é o nível ideal de eficiência estando em análise o conforto das utilizações, aspetos de saúde pública e a performance dos dispositivos. A existência das classificações “A+” e “A++” tem por propósito algumas aplicações especiais ou condicionadas. Nesta certificação não há diferenciação entre instalações privadas e públicas, sendo que à semelhança do sistema anterior, esta enquadra-se dentro do mesmo tipo de equipamentos (Miranda, 2012).

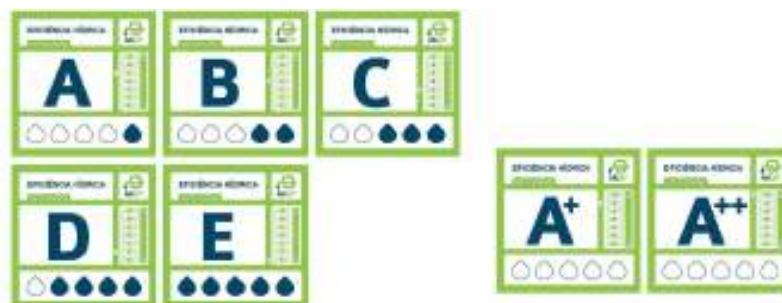


Figura 5.118 – Rótulos da eficiência hídrica da ANQIP (Fonte: Miranda, 2012).

Importa ainda referir algumas boas práticas ambientais mencionadas no guia da Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição (2010). Segundo este documento, as boas práticas relativas ao consumo de água abordam quatro pontos principais, o controlo do consumo, as boas práticas do dia-a-dia, a deteção de fugas e a utilização de equipamentos mais eficientes.

O controlo do consumo, deve ser efetuado com o controlo periódico do consumo de água, no sentido de prevenir, identificar e corrigir eventuais fugas, perdas ou uso

deficiente da água, bem como proceder à instalação de contadores de água e registos de consumo geral e consumos por sectores.

Algumas das boas práticas do dia-a-dia, são a otimização do uso de água na limpeza, lavagem de alimentos ou preparação de refeições. Utilizar a máquina de lavar a loiça na sua capacidade total, fechar completamente as torneiras após utilização, reduzir a utilização de gelo na congelação dos alimentos, bem como optar por banhos rápidos com recurso ao duche.

A deteção de fugas deve ser realizada periodicamente com testes de fuga, bem como assegurar a manutenção preventiva dos equipamentos, tais como tubagens e dispositivos de abastecimento de água.

Por último deve-se instalar dispositivos mais eficientes no que respeita ao consumo de água, com redução do fluxo de água na melhoria dos consumos e prevenindo o desgaste dos equipamentos. Instalação de temporizadores de consumo de água e utilizar autoclismos com sistemas de descarga seletiva, com ajuste dos volumes de descarga de água.

5.10.2. Solução adotada

Atualmente o mercado apresenta um conjunto enorme de soluções para louças sanitárias, misturadoras, móveis de wc e acessórios diversos. Nesse sentido a solução adotada para este projeto teve como linhas orientadoras os seguintes parâmetros:

- Utilização de louças sanitárias de gamas económicas e produzidas em Portugal;
- Uso de sistema de apoio/fixação ao pavimento e tanques exteriores, não existindo a necessidade de alterações das paredes interiores para colocação de tanques ou estruturas de suporte de louças suspensas;
- Utilização de sistemas simples, funcionais, duráveis e que promovam a poupança de água.

Face às tipologias modulares que estamos a analisar, as seguintes necessidades de equipamentos e acessórios são as seguintes, Figura 5.119:

- Módulo “Estúdio”:

- 1 Sanita com tanque e tampa;
- 1 Bidé e misturadora respetiva;
- 1 Lavatório e misturadora respetiva;
- 1 Base de chuveiro, misturadora com duche e separador;
- Módulo “Posto de Vendas”:
- 1 Sanita com tanque e tampa;
- 2 Barras de apoio para pessoas com mobilidade reduzida;
- 1 Lavatório e misturadora respetiva;
- Módulo “T1”:
- 1 Sanita com tanque e tampa;
- 1 Bidé e misturadora respetiva;
- 1 Lavatório e misturadora respetiva;
- 1 Base de chuveiro ou banheira, misturadora com duche e separador;
- Módulo “T2”:
- 2 Sanitas com tanque e tampa;
- 2 Bidés e misturadora respetivas;
- 2 Lavatórios e misturadoras respetivas;
- 2 Banheiras, misturadoras com duche e separadores;

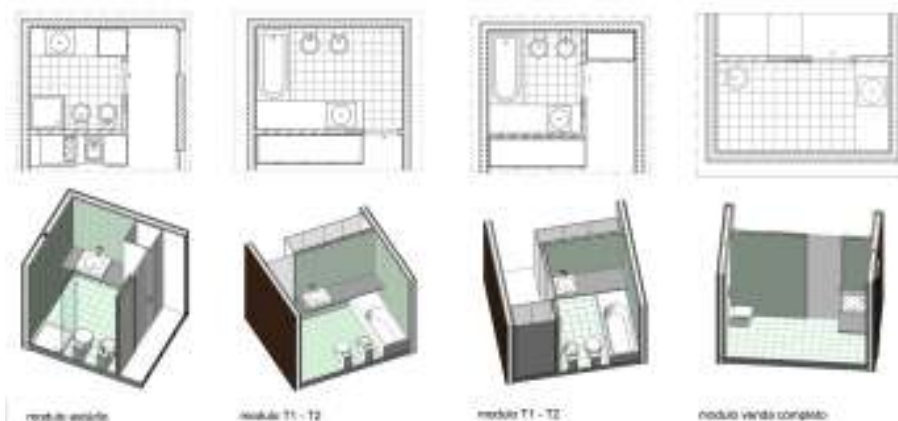


Figura 5.119 – Tipo de instalação sanitária para as tipologias modulares em estudo.

As gamas utilizadas de louças serão de gamas comerciais, fabricadas em Portugal, com tanques de autoclismo de dupla descarga. De forma a reduzir os consumos de água, as misturadoras serão ecológicas, onde a sua formulação técnica leva a níveis significativos de redução no consumo. Estas, serão de acionamento manual, já que estes sistemas se destinam sobretudo para a habitação, no entanto não são colocados

de parte os sistemas de fotocélulas ou de pressão, principalmente no módulo de “Estúdio” ou “Posto de Vendas”.

Importa ainda salientar que ao nível das cozinhas, será colocado um pio de lava-louça convencional, com misturadoras eficientes e de custos competitivos, Figura 5.120.



Figura 5.120 – Cozinha tipo com equipamentos e mobiliário.

Importa no entanto referir que a utilização de sistemas eficientes e de louças sanitárias cujo processo de fabrico está devidamente controlado e certificado, é determinante a utilização destes equipamentos no dia-a-dia seja realizada de forma consciente. A opção de banhos diários de duche em detrimento dos banhos de imersão, o correto fecho das misturadoras com uma manutenção adequada das mesmas, bem como evitar as descargas desnecessárias da sanita, são alguns dos exemplos a seguir.

5.10.3. Parcerias e materiais

Após análise de um conjunto de empresas que produzem e comercializam estes equipamentos, foi criada uma parceria com a empresa Sanindusa com apoio técnico de Carla Neves. O sucesso desta empresa, que se encontra em laboração desde 1993, com uma clara aposta em novas tecnologias e no desenvolvimento de mecanismos de informação e inovação foram decisivas na escolha desta empresa para colaborar neste projeto. Esta empresa nacional, está presente com os seus produtos em 84

países, atuando em várias áreas de negócio conforme presente no seu organograma do grupo, Figura 5.121.



Figura 5.121 – Organograma do grupo Sanindusa (Fonte: Sanindusa, 2013).

A Sanindusa concluiu em 2006 o processo de implementação do sistema de gestão ambiental (SGA), para obtenção da certificação segundo a norma 14001 e registo no sistema comunitário de ecogestão e auditoria (EMAS). O SGA permitiu maiores níveis de organização e articulação interna, de forma a satisfazer as necessidades sócio-económicas, consumo de recursos, prevenção da poluição e proteção do ambiente com vista a um desenvolvimento sustentável do sector. Este sistema permite ainda a monitorização anual dos seus objetivos e metas ambientais com divulgação da Declaração Ambiental. A obtenção do registo no EMAS, devido à parceria e articulação de toda os envolvidos na cadeia de negócio tornou esta empresa como a primeira cerâmica a nível nacional no EMAS.

Após uma análise da vasta gama de produtos comercializados por esta empresa, dividimos as escolhas em três grupos principais, (louças sanitárias, misturadoras e acessórios) analisando o seu custo, certificações e níveis de eficiência.

Relativamente às louças sanitárias, a escolha recaiu sobre a gama REFLEX, Figura 5.122, devido a um conjunto de requisitos que esta gama de produtos reúne. Estas louças sanitárias certificadas pela entidade AENOR, Australian Standard e WEELS, apresentam um design arrojado, peso reduzido e um custo bastante competitivo. Uma vez que os sistemas suspensos ou embutidos não são opção, a escolha será para um sistema fixo e unidades compactas de cor branca.



Figura 5.122 – Louças sanitárias gama REFLEX (Fonte: Sanindusa, 2013).

O sistema de sanita será compacto, fixo e com dupla descarga 3/6 l, com sistema de sifão incluindo e descarga ao chão conforme modelo 1 da Figura 5.123. O tampo em duroplast será de funcionamento normal e ferragens em inox.

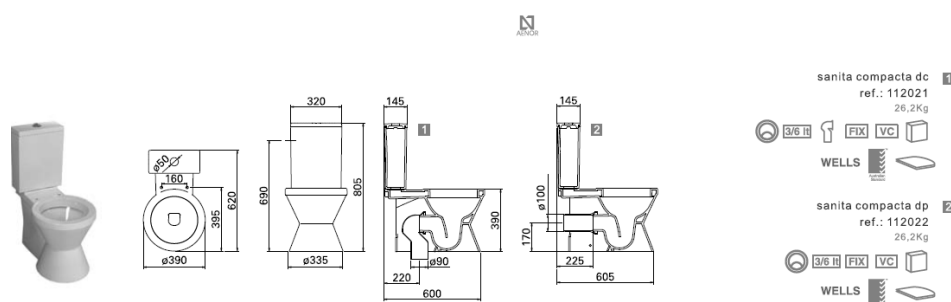


Figura 5.123 – Características técnicas da sanita Reflex (Fonte: Sanindusa, 2013).

Ao nível do bidé e lavatório, serão da gama Reflex, Figura 5.124, sendo que o primeiro deve ter descarga ao chão. Por sua vez o lavatório será o modelo 60, com sistema de meia coluna de forma a ocultar as ligações de abastecimento e esgoto.

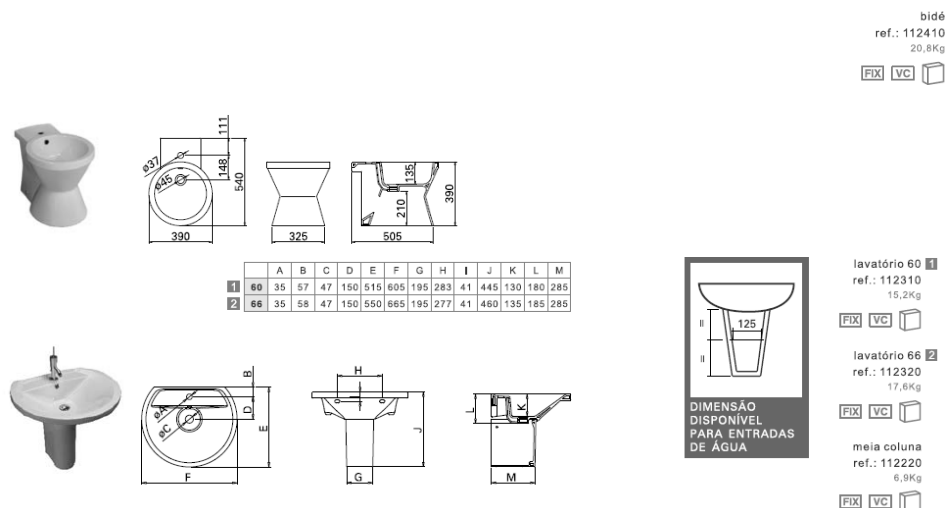


Figura 5.124 – Características técnicas do bidé e lavatório 60 da Reflex (Fonte: Sanindusa, 2013).

As bases de chuveiro e banheiras serão também da gama Reflex, constituídas por material acrílico, sendo que a base apresentará as dimensões 70x80 cm e a banheira 180x80 cm, Figura 5.125. Ambas serão da cor branca, sendo que a ultima deverá contemplar chassi integrado.



Figura 5.125 – Base de duche e banheira da gama Reflex (Fonte: Sanindusa, 2013).

Relativamente aos acessórios que pudemos conciliar com as louças sanitárias mencionadas, temos as divisórias de banho, os espelhos de parede e as barras de apoio em parede, principalmente utilizadas no módulo do “Posto de Vendas”. Na base de chuveiro Reflex será utilizada uma divisória de banho da mesma gama, sendo que na banheira será colocada uma divisória da gama Aquarela.

As barras de apoio podem ser da marca Senda ou JNF, por sua vez os espelhos podem ser da Sanindusa face à vasta gama deste tipo de materiais. Importa ainda salientar que ao nível da cozinha é necessário a colocação de pio de lava louça, de uma cuba e escurredouro da gama Lusitano, da marca Sanindusa.

As misturadoras e chuveiros são da gama Ícone Eco ou Tube Eco e da gama Eko respetivamente. Ambas são a resposta da Sanindusa às políticas ambientais da eficiência e poupança de água nestes equipamentos. Esta gama de misturadoras será aplicada nos lavatórios, bidés e nas bases de duche ou banheira, Figura 5.126.



Figura 5.126 – Misturadoras Ícone Eco e chuveiro Eko (Fonte: Sanindusa, 2012).

Ao nível das misturadoras estas são torneiras de mono comando, com VDA (misturadoras de bidé e lavatório), equipadas com cartucho \varnothing 35mm, tipo fechado, manípulo em Zamak com haste em latão, sistema de rotação do manípulo em abertura 25° (para regulação do caudal) e em mistura 100° (para regulação da temperatura de saída da água). É fabricado em latão com acabamento cromado, onde a incorporação de um regulador de caudal mantém este constante independente da pressão da rede. Compensa automaticamente as variações de pressão entre 1 e 8 bar e deve ser aplicado em água sem impurezas.

Estas misturadoras permitem uma economia de água superior a 50% nas torneiras de lavatório e bidé (débito de 6 l/min em vez de 15 l/min a 3 bar) e de 44% nas de banheira e base (débito de 10 l/min em vez de 18 l/min a 3 bar), Figura 5.127.

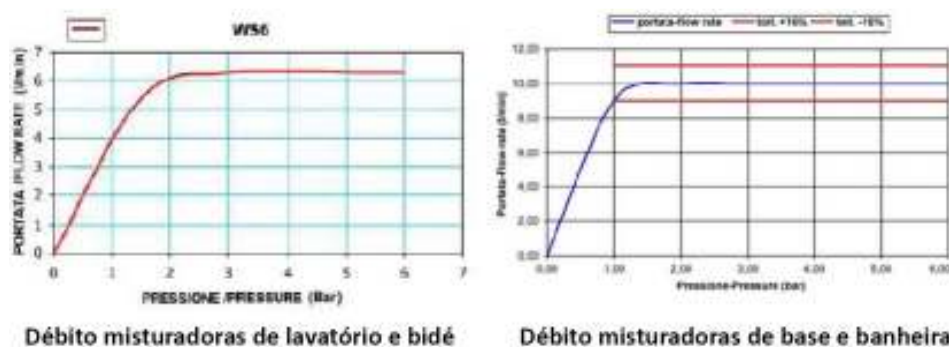


Figura 5.127 – Comportamento do débito das misturadoras Ícone Eco (Fonte: Sanindusa, 2012).

Permitem ainda uma redução de energia para o aquecimento da água quente, reduzindo as variações de pressão na rede quando várias torneiras estão abertas em simultâneo, sendo de fácil limpeza e substituição.

As misturadoras de base de duche e banheira, são conciliadas com os chuveiros da gama Eko, que permitem uma economia de água devido a virem equipados com limitador de caudal e sistema de mistura ar/água, que proporcionam grande conforto no banho. Estas características permitem uma poupança superior a 50% no consumo de água (débito de 9 l/min em vez de 20 l/min a 2,5 Bar), bem como a manutenção de caudal constante (9l/min a partir dos 2,5 Bar), Figura 5.128, com redução de energia para o aquecimento da água quente.

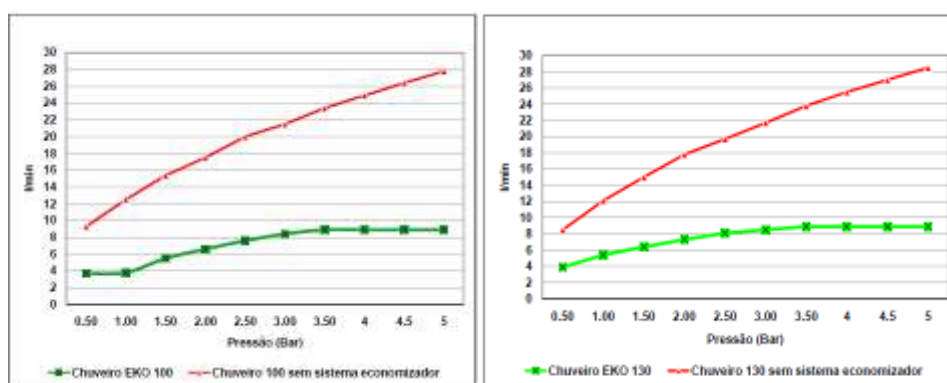


Figura 5.128 – Comportamento dos chuveiros Eko (Fonte: Sanindusa, 2012).

Importa ainda referir a misturadora a utilizar na cozinha, que será da gama Torus, com design 100% nacional, equipadas com cartucho de discos cerâmicos de Ø 40mm, que permitem poupar água até 50% relativamente ao consumo habitual. O seu pescoço pode ter várias opções como sendo com chuveiro, chuveiro com mola ou chuveiro com gancho.

No Anexo 8 e como complemento a este capítulo, seguem as fichas técnicas dos materiais mencionados, contendo todas as características técnicas complementares.

5.11. Climatização, Ventilação e Sombreamento

5.11.1. Enquadramento

Atualmente e face às exigências legais e padrões de conforto, o mercado oferece um conjunto alargado de soluções da que podem ser aplicadas para climatizar um espaço

ou um conjunto de espaços. Alguns dos fatores que influenciam a solução a adotar são:

- Qualidade do ar a obter;
- Potência de instalação;
- Consumo energético;
- Poluição ambiental;
- Custos de exploração;
- Segurança dos trabalhadores e utilizadores.

A energia libertada pela atividade das pessoas, equipamentos e aparelhos de iluminação, no período do Verão, aumentam a temperatura do ar no interior de um espaço. De forma análoga no Inverno, as perdas de calor através da envolvente podem significar um abaixamento da temperatura interior, tornando desconfortável o exercício de determinada atividade por parte dos ocupantes.

De forma a minimizar estes efeitos desagradáveis tenta-se que as cargas térmicas sejam dissipadas pelo fluido de acondicionamento térmico utilizado.

A forma como é feito o aquecimento ou arrefecimento do fluido pode variar. O aquecimento ou arrefecimento pode ser efetuado no interior da habitação ou no exterior e depois transportado para essa habitação. O fluido a utilizar pode ser um refrigerante, água, soluções aquosas (água glicolada, salmouras) ar e gases (Chaves, 2010).

Nos últimos anos, e na sequência das questões de sustentabilidade abordadas anteriormente, tem sido constante a procura de soluções técnicas que conduzam à melhoria do desempenho energético e do comportamento térmico dos edifícios.

É possível construir casas confortáveis ambientalmente, com consumos reduzidos de energia, recorrendo essencialmente a sistemas passivos, complementados, ou não, com sistemas ativos adequados.

“(...)no âmbito da construção sustentável, deve-se ter em atenção um conjunto de factores, entre os quais, as condições climáticas do local onde os edifícios são implementados, a qualidade da envolvente (isolamento térmico, inércia térmica, vãos envidraçados, etc.) e a eficiência dos equipamentos utilizados” (Ganhão 2011).

As estratégias construtivas passivas, referem-se ao uso e controlo dos fluxos naturais de energia que envolvem o edifício, tais como a radiação solar e o vento, com o objetivo de fornecer luz, aquecimento, arrefecimento e ventilação, Figura 5.129.

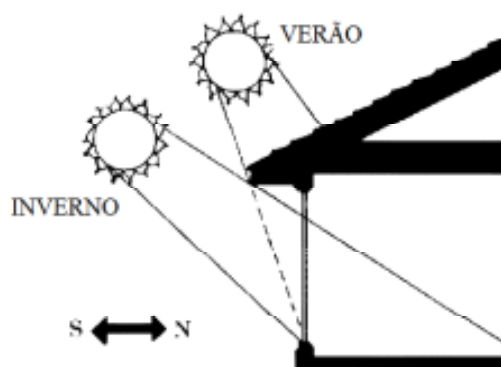


Figura 5.129 – Ângulo de incidência solar nos edifícios durante as estações de Inverno e Verão (Fonte: Ganhão, 2011).

As soluções ativas consistem em equipamentos que promovem o conforto e/ou a eficiência energética, com uma utilização racional da energia e podendo funcionar em paralelo com as soluções passivas.

Algumas das soluções passivas mais comuns são a orientação e implantação do edifício, a escolha dos vãos envidraçados, os sistemas de sombreamento, a envolvente opaca, a ventilação natural, bem como o tipo de isolamentos aplicados. Por sua vez as soluções ativas, passam pela instalação de coletores solares térmicos, utilização de eletrodomésticos eficientes e sistemas de micro-geração.

A micro-geração surge para minimizar os gastos energéticos e o impacto ambiental resultante do consumo de energia, com a criação de sistemas de obtenção de energia elétrica, que resultam de fontes de energia renováveis. A sua aplicação pode ser realizada a uma escala doméstica, gerando energia para consumo próprio ou para vender à rede pública. Numa vertente de construção ambiental os sistemas designados por sistemas de micro-geração são os sistemas fotovoltaicos, eólicos e de aproveitamento da biomassa. As vantagens da utilização destes sistemas são diversas, nomeadamente o aumento da autonomia dos consumidores individuais e das comunidades locais e da independência energética do Estado relativamente ao exterior. Evita investimentos elevados ao nível do reforço das infra-estruturas de rede, cria novas oportunidade para a indústria de equipamento e componentes

elétricos, gera emprego e crescimento económico, contribuindo para um melhor desempenho ambiental do sistema energético (Ganhão 2011).

Os sistemas de aquecimento de biomassa, são portanto considerados sistemas de micro-geração e enquadram-se num grupo mais alargado de soluções técnicas que atualmente existem no mercado para aquecimento e ventilação. Estes sistemas, tem procurado reduzir consumos e melhorar o conforto térmico das habitações, podendo ser divididos em três grupos principais, os sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado, Figura 5.130.

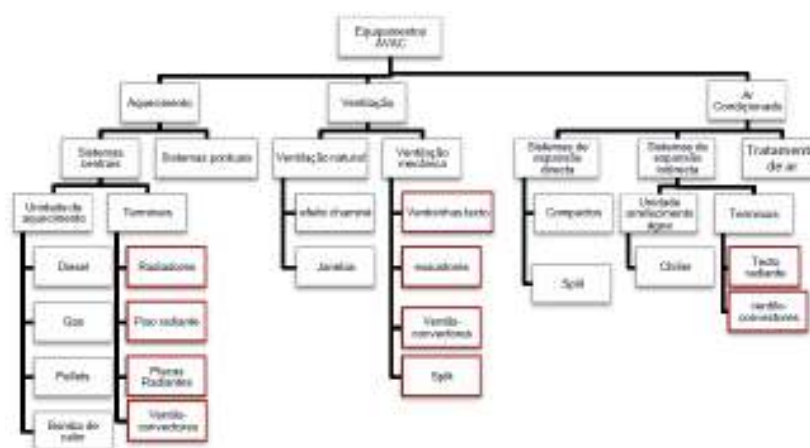


Figura 5.130 – Sistemas e equipamentos de climatização e ventilação (Fonte: Silva, 2011).

A biomassa é uma fonte de energia renovável, proveniente de resíduos florestais e que temos ao dispor para produzir calor. Esta pode ser utilizada na sua forma mais tradicional (lenha e pinhas), mas também com recurso a material processado (pellets). Os equipamentos de queima devem ser eficientes, de forma a reduzir as emissões de CO₂, bem como a possibilitar rendimentos perto de 88% entre o material consumido e o calor produzido que chega até aos utilizadores. A opção de lareira tradicional deve portanto ser colocada de parte, já que tem rendimentos muito reduzidos, consome oxigénio no interior das moradias e contamina o próprio ar, já que está em contato direto com a combustão. Os recuperadores de calor surgem portanto como solução possível para aquecimento a biomassa, já que possuem uma câmara de combustão independente, não existindo contacto com o ar interior uma vez que este é aquecido por convecção, fluindo pelos canais criados à volta da caixa de combustão. Para alcançar resultados máximos, é importante que o ar que entra na caixa de combustão seja proveniente do exterior. Estes equipamentos podem ainda

estar integrados com tubagens que distribuem uma parte do calor aquecido para outros espaços de habitação, funcionando como um sistema centralizado. As caldeiras para sistemas de aquecimento central a pellets ou lenha, são outra das soluções possíveis para o aquecimento da água à semelhança das caldeiras a gás ou eletricidade (Tirone *et al.*, 2010).

“A maioria das aplicações térmicas em edifícios ou redes centralizadas com biomassa, supõem uma poupança de 10%, comparativamente ao uso de combustíveis fósseis, podendo alcançar níveis ainda maiores, dependendo do tipo de biomassa, localização e tipo de combustível fóssil substituído. A biomassa apresenta-se assim como um combustível mais barato e ecológico que os combustíveis tradicionais, podendo constituir uma excelente opção para combinar com o sistema de energia solar térmica na produção de AQS e aquecimento do ambiente interior” (Ganhão 2011).

5.11.2. Solução adotada

Após análise dos vários sistemas existentes no mercado, as opções tomadas na elaboração deste projeto assentam em soluções ativas e passivas no que respeita à climatização, sombreamento e ventilação dos nossos elementos modulares. Ao nível das soluções passivas, estas passam pelo recurso a sistemas de sombreamento de forma a controlar a incidência solar nos vãos envidraçados. Este sistema será simples e funcional, promovendo a proteção do vão mas também possibilitando múltiplas opções de abertura, que na sua máxima distensão crie uma pala de sombreamento. Este sistema funciona com uma estrutura lateral de perfis deslizantes com zonas de travamento, onde as lâminas de sombreamento descrevem uma ascensão na vertical com quebra a meio vão para formação de pala quando completamente elevada. Figura 5.131.



Figura 5.131 – Sistema de proteção do vão envidraçado realizando pala de sombreamento.

A promoção da ventilação natural, será outra das soluções passivas, com recurso à utilização de grelhas de ventilação reguláveis, colocadas em locais estratégicos nos elementos de parede e vãos envidraçados. Esta ventilação será ainda reforçada pelo sistema de abertura oscilo-batente dos mesmos. Importa referir que será colocada uma grelha por módulo junto à zona do rodapé e um sistema de acoplagem na parte superior das caixilharias. Ambas as regulações deverão ser manuais. Desta forma promovemos uma melhor circulação de caudais mínimos de ar, mesmo quando os vãos envidraçados se encontram fechados. Estas soluções, conciliadas com os elementos opacos devidamente revestidos com isolamentos naturais de grande qualidade, pretendem colocar de parte a necessidade de equipamentos mecânicos para arrefecimento nos períodos de Verão.

Relativamente às soluções ativas, a escolha recaiu na utilização de um sistema de recuperador de calor como unidade localizada de aquecimento, sem recurso a sistema de tubagem de distribuição. O reduzido pé direito, bem como a utilização de módulos estandardizados com áreas proporcionais e equilibradas, reduz consideravelmente o volume de ar a aquecer. A existência de uma cobertura isolada termicamente e com uma inércia térmica substancial devido ao sistema de cobertura ajardinada, reduz as perdas de calor, aumentando o conforto térmico. A própria distribuição dos módulos tipo, na conjugação das habitações “T1” e “T2”, fazem com que uma correta localização do recuperador permita aquecer os módulos dos quartos e o módulo sala/cozinha, Figura 5.132. A incorporação deste equipamento pode ser adotada em ambas as soluções em estudo, nomeadamente o módulo “Estúdio” e “Posto de Vendas”.



Figura 5.132 – Possíveis localizações do módulo de equipamento de biomassa.

Importa salientar que o equipamento deverá ser devidamente certificado, com uma classe de eficiência máxima e uma capacidade de volume aquecido superior à área

dos módulos em estudo. Os seus níveis de rendimento e consumo de biomassa deverão ser acima dos 70%, complementados por um sistema de ventilação, que promova uma maior difusão e o aproveitamento do calor gerado, sem esquecer o seu preço competitivo.


5.11.3. Parcerias e materiais

A análise e definição das soluções técnicas a aplicar neste projeto tiveram o apoio e a parceria da Eng.^a Vera Martinho, cujas indicações e conselhos foram muito úteis na escolha do equipamento para aquecimento, bem como nas medidas para promover a ventilação natural. Os equipamentos de ventilação natural e sombreamento serão da marca Renson, comercializados pela empresa Aluplasto, por sua vez o equipamento de aquecimento será produzido e comercializado pela empresa Solzaima.

Ventilação natural e sistemas de sombreamento

A Aluplasto é uma empresa com 51 anos de experiência em materiais de construção, decoração e reabilitação, sendo representante de uma vasta gama de produtos e marcas de ferragens, perfis, sistemas de ventilação e sombreamento. Por sua vez os sistemas Renson são conotados como equipamentos de grande qualidade, devidamente certificados e reconhecidos devido às suas políticas de poupança energética e promoção da eficiência.

Ao nível da ventilação natural será aplicada na zona do rodapé uma grelha tipo a Register to Fix n.º 4032, tipo 4032/1, que é uma grelha regulável com 175x150 mm, com acabamento acetinado, Figura 5.133.



AIRFLOW:

Dimensions	in cm ²	at 2 Pa - m ³ /h (according to EN 13030-003)
4032/1: 175 x 150 mmh	49 cm ²	17,6
4032/2: 240 x 200 mmh	113 cm ²	40,7
4032/3: 325 x 300 mmh	260 cm ²	93,6
4032/4: 300 x 100 mmh	68 cm ²	24,5
4032/5: 450 x 100 mmh	113 cm ²	40,7

Figura 5.133 – Grelha Register to Fix n.º 4032/1 (Fonte: Renson, 2007).

O sistema para promover a ventilação natural na parte superior das caixilharias será o TC 60, que é um sistema que se conjuga com o perfil da caixilharia, criando uma

separação na parte superior entre caixilho e vidro e a aresta superior do vidro duplo. Este sistema é regulável, permitindo ventilação natural mesmo quando o vão envidraçado se encontra fechado por questões de segurança ou de meteorologia. É produzido em alumínio e outros componentes resistentes aos UV, com um design simplista que apenas reduz uma altura de 6 cm ao vidro pelo largura do vão, Figura 5.134.

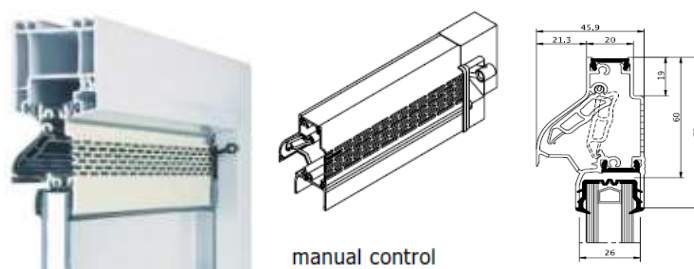


Figura 5.134 – Sistema TC 60 (Fonte: Renson, 2007).

O sistema de sombreamento também da marca Renson, é um sistema dinâmico de proteção solar em alumínio com a designação comercial de Cilium, alimentado por sistema de motor e transmissão por correia de 230V. A sua dinâmica funcional possibilita que a partir de um sistema de para sol vertical em frente a um vão envidraçado, se torne num elemento horizontal numa posição acima do vão. Este sistema está de acordo com os requisitos estabelecidos pela Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), que estabelece diretrizes construtivas para os estados membros de forma a reduzir o consumo de energia. O seu sistema de abertura vertical fechado permite reduzir o consumo de energia para o arrefecimento nos meses quentes de verão, já que as suas lâminas oferecem uma proteção muito eficiente face à incidência direta dos raios solares. Mesmo aberto este sistema oferece uma pala de sombreamento que protege o vão envidraçado. Essa mesma pala permite aproveitar a incidência solar durante períodos de frios (mais baixa relativamente aos meses de Verão) para aquecimento do interior do módulo, reduzindo os consumos energéticos num eventual sistema de aquecimento. Importa ainda salientar que este sistema reduz o consumo de energia para a iluminação artificial, uma vez que mesmo o sistema fechado permite um aproveitamento da luz natural difusa devido à sua estrutura lamelar aberta.

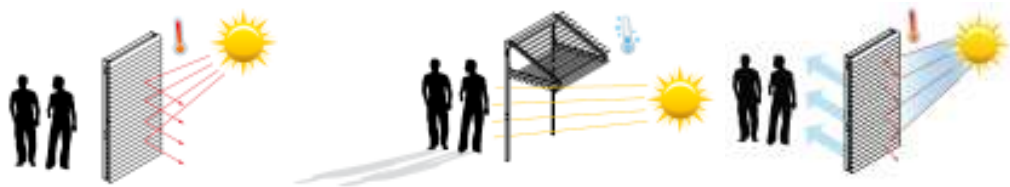


Figura 5.135 – Comportamento do sistema Cilium (Fonte: Renson, 2007).

Sistema de climatização

Por sua vez a escolha do sistema de aquecimento incidiu na salamandra back box – opção base, Figura 5.136, da Empresa Solzaima, empresa líder a nível nacional em equipamentos de biomassa.



Figura 5.136 – Salamandra Back Box – opção base (Fonte: Solzaima, 2013).

Esta salamandra reúne um conjunto de características técnicas que são bastante interessantes para este projeto, possuindo uma capacidade de volume aquecido de 267 m^3 . Reúne ainda um sistema de ventilação, possuindo um nível máximo de eficiência (nível 1) com um rendimento de 71% e um consumo médio hora de 2,20 Kg, Figura 5.137. A sua capacidade de volume aquecido é suficiente para qualquer das tipologias em estudo, mesmo a solução “T2”.

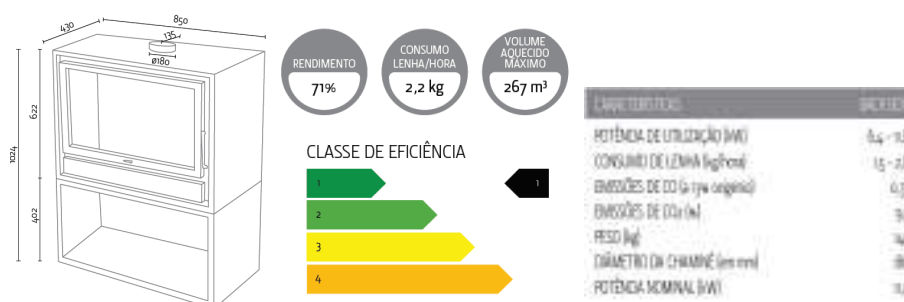


Figura 5.137 – Características técnicas da Salamandra Back Box (Fonte: Solzaima, 2013).

Importa referir que a empresa Solzaima é o único fabricante nacional com certificação de qualidade ISO 9001 e certificação Ambiental ISO 14001, tendo aderido ao programa “Criar Bosques da Quercus”, onde é plantada uma árvore sempre que um cliente da Solzaima regista a sua garantia. Desta forma esta empresa promove a gestão e preservação do nosso parque florestal.



Figura 5.138 – Esquema de funcionamento do programa “Criar Bosques” (Fonte: Solzaima, 2013).

A procura da melhoria contínua, através da sua equipa de engenharia e desenvolvimento, utiliza os mais recentes softwares de simulação de fluidos e de simulação de combustão, de forma a minimizar as emissões de CO e a maximizar a eficiência dos equipamentos. A classificação na sua maioria de nível 1, indicam que num recuperador da Solzaima de 5kW com 75% de rendimento, será consumido cerca de 1,6kg de lenha por hora para o aquecimento de uma sala com 35m². Tipicamente, numa lareira convencional, o seu rendimento será de cerca de 10%, o que significa que irá consumir cerca de 12kg de lenha para produzir os mesmos 5kW que lhe servem para aquecer a sala com 35 m², Figura 5.139.



Figura 5.139 – Consumos e classes de eficiência dos recuperadores Solzaima (Fonte: Solzaima, 2013).

Segundo esta empresa os sistemas de aquecimento a biomassa são portanto uma excelente alternativa às energias fósseis, cujo custo e impacto ambiental é muito significativo. É uma fonte de energia renovável, derivada de material biológico natural, tais como a madeira ou resíduos florestais vários. Estes materiais são fruto da existência de um extenso parque florestal e da necessidade de anualmente efetuar cortes e limpezas de forma a manter uma floresta saudável. Dessa forma temos um abastecimento florestal contínuo, a preços competitivos e estáveis, mantendo e garantindo a sustentabilidade e o futuro saudável das nossas florestas. A biomassa é já bastante usada na produção de calor, apesar do seu potencial ter ainda muito por onde explorar. Apenas 4% das necessidades energéticas europeias são satisfeitas com este tipo de energia.

De salientar o ciclo de carbono neutro, já que a madeira é considerada energia solar armazenada, sendo os seus componentes: água, luz solar e dióxido de carbono. A madeira só liberta (durante a queima) a quantidade de dióxido de carbono que esta extraiu do ar enquanto ser vivo, recuperando-o quimicamente enquanto árvore. Contudo é indiferente se a madeira apodrece na floresta ou é utilizada num recuperador para aquecimento doméstico. A libertação de dióxido de carbono será sempre a mesma. Durante o seu período de vida ou durante o processo de queima. O dióxido de carbono libertado durante o processo de combustão é absorvido posteriormente pelas restantes árvores, criando assim um ciclo natural de absorção de dióxido de carbono, isto é, carbono neutro, Figura 5.140.

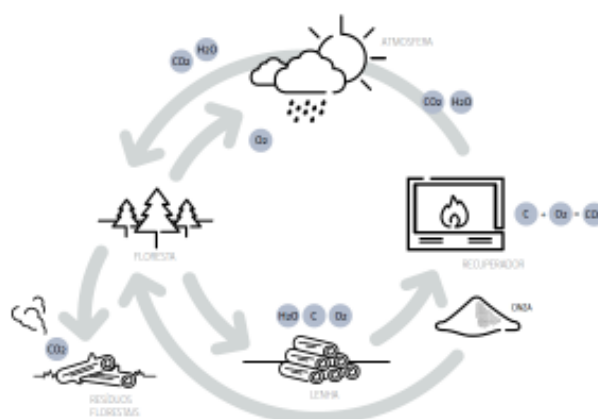


Figura 5.140 – Ciclo de carbono neutro (Fonte: Solzaima, 2013).

No Anexo 9 e como complemento a este capítulo, seguem as fichas técnicas dos materiais mencionados, contendo todas as características técnicas complementares.

5.12. Instalações Hidráulicas e AQS

5.12.1. Enquadramento

Como já mencionado no ponto 5.8, os sistemas de abastecimento e a regulamentação sobre as questões de salubridade nos edifícios foram determinantes para a melhoria das condições de vida das populações mundiais. Essa mesma evolução teve um impacto determinante no aumento da esperança média de vida e na redução da mortalidade infantil.

Apesar dos avanços nesta área em Portugal, as instalações hidráulicas prediais (englobando neste contexto as instalações sanitárias) constituem uma das principais fontes de problemas em edifícios, mesmo no caso de construções recentes. A origem desses problemas partem de erros e defeitos na conceção e/ou construção, originando desconfronto dos seus utilizadores. A falta de salubridade, ruídos, odores, e durabilidades reduzidas com intervenções de reparação avultadas, representam 95% dos problemas detetados em edifícios. A implementação de políticas de qualidade e o cumprimento da legislação, são algumas das medidas necessárias para contrariar esta situação (Castro, 2008).

Segundo este autor a legislação Portuguesa que regula as regras de conceção de redes de distribuição de água predial e de drenagem de águas residuais, em Portugal, é o DR 23/95 de 23 de Agosto denominado por Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. Existem outros documentos complementares, bem como especificações próprias de alguns municípios, que por vezes interferem com o modelo de gestão das redes de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, pelo que a adoção de um regulamento tipo poderia reduzir a possibilidade de más interpretações ou confrontos legais.

“As normas europeias aplicáveis ao domínio das redes prediais são a EN806 para o cálculo e instalação de redes prediais de distribuição de água e no caso do cálculo de redes prediais de drenagem de águas residuais a EN 12056. A EN 806 – 3 regula

o dimensionamento de redes de abastecimento de água, servindo a EN12056 -2 e a EN 12056 – 3 para projetar redes de drenagem de águas residuais e pluviais, respetivamente. No domínio da elevação de esgotos em edificações, serve a EN 12050 (2000) no que se refere a princípios de construção e ensaios” (Castro, 2008).

As redes públicas de abastecimento, apesar da diferenciação do abastecimento em alta (intermunicipal) e do abastecimento em baixa (municipal), podem ser genericamente separadas em três grupos principais e de acordo com os esquemas que seguem abaixo:

- Rede de abastecimento de água, Figura 5.141;

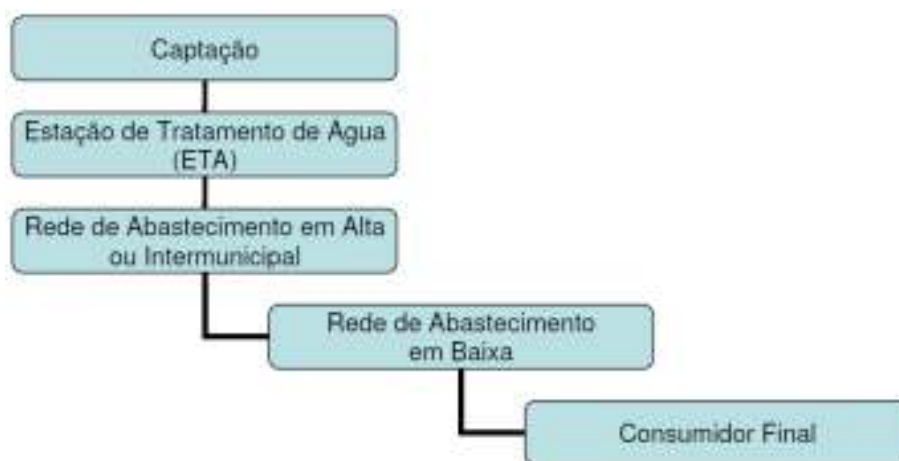


Figura 5.141 – Esquema funcional da rede de abastecimento de água (Fonte: Freitas, 2009).

- Rede de drenagem de águas pluviais, Figura 5.142;



Figura 5.142 – Esquema funcional da rede de águas pluviais (Fonte: Freitas, 2009).

- Rede de drenagem de águas residuais, Figura 5.143.

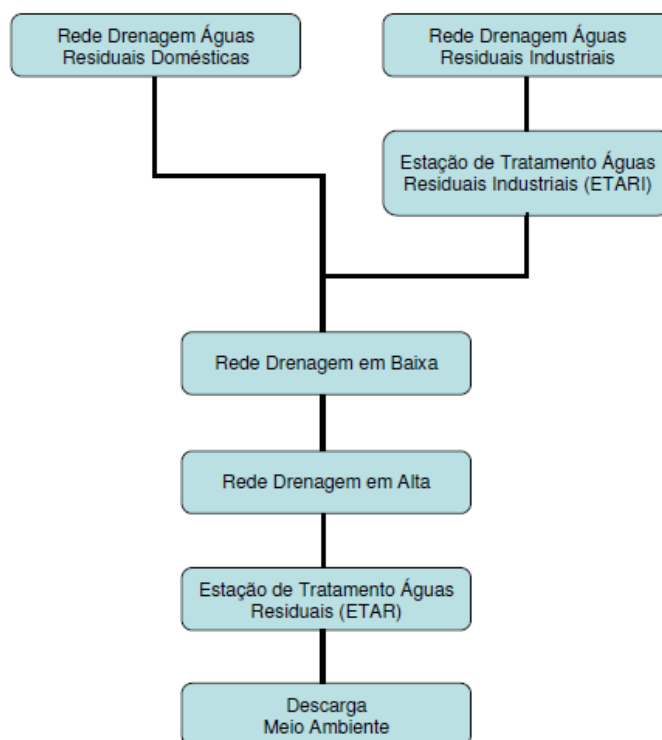


Figura 5.143 – Esquema funcional da rede de drenagem de águas residuais (Fonte: Freitas, 2009).

Em termos de sistemas complementares à rede de abastecimento, temos as estações de tratamento de água (ETA) e na rede de drenagem de águas residuais temos as estações de tratamento de águas residuais (ETAR), que recolhe e trata o saneamento proveniente dos consumidores. As redes de águas pluviais são sistemas que normalmente não carecem de tratamento, funcionando como redes de transporte de fluído através das dispositivos de recolha, caixas de visita e equipamentos de descarga.

Os materiais utilizados nas redes de abastecimento público estão dependentes da funcionalidade da rede, da sua extensão, dos diâmetros, do terreno de instalação e das pressões associadas. Alguns dos materiais mais utilizados são de matéria plástica, mais propriamente o PVC PN10 e PVC-U, bem como os tubos de polietileno, de alta (PEAD) e baixa densidade (PEBD). A utilização do PVC generalizou-se quer ao nível do abastecimento de água, mas também de águas residuais e pluviais, por sua vez, as tubagens PEAD e PEBD, devido à sua capacidade de resistência às pressões é utilizado principalmente no abastecimento de água fria. De referir ainda a existência

de tubagem de tubo de ferro fundido que pode ser revestido a tinta de epoxy ou outros, bem como de aço e de betão, sendo que este último apenas é utilizado para águas residuais e pluviais. De referir ainda o tubo de grés cerâmico que foi largamente aplicado até à década de 80 e 90 do século passado (Freitas, 2009).

Atualmente no interior das habitações a utilização de materiais à base de matéria plástica vulgarizou-se. Ao nível das redes de águas residuais tornou-se prática corrente a utilização do PVC, sendo que no abastecimento utiliza-se principalmente tubagens de polietileno com formação de rede (PEX), polipropileno copolímero (PP), polipropileno randômico (PPR) e multicamadas. A tubagem de aço inox é também muito utilizada principalmente em instalações à vista (Baptista, 2011).

A utilização de tubagens com materiais de melhor qualidade tem contribuído para a melhoria e eficiência dos nossos recursos, que quando complementados com sistemas de AQS, melhoram os padrões de certificação energética das habitações. Segundo Ganhão (2011), a aplicação do RCCTE e consequente obrigatoriedade da certificação energética tem introduzido uma maior exigência no sector da construção, o que se traduz numa alteração das soluções construtivas a aplicar nos edifícios. Aquando da emissão do certificado energético, para além da avaliação do desempenho energético do edifício, são feitas algumas recomendações de possíveis estratégias a aplicar que levem à obtenção de uma classe energética mais favorável. As principais recomendações feitas pelos peritos nos certificados energéticos são: entre outras, a instalação de sistemas de aquecimento de AQS.

As soluções solares térmicas mais utilizadas, em Portugal, para a produção de AQS em edifícios de habitação multifamiliar, dividem-se em três grupos principais:

- Sistema solar térmico com captação coletiva de energia e acumulação coletiva de AQS;
- Sistema solar térmico com captação coletiva de energia e acumulação coletiva de água quente, para inércia, com produção de AQS em estações de transferência de calor, em cada fração do edifício;
- Sistema solar térmico com captação coletiva de energia e acumulação individual de AQS, em cada fração do edifício.

A primeira solução caracteriza-se por apresentar, de forma centralizada, a produção e fornecimento de AQS, ou de água pré aquecida, captando a energia proveniente da radiação solar através de um campo único de coletores, comum ao edifício, acumulando essa energia em depósitos acumuladores localizados numa zona técnica adequada, e alimentando a rede predial de distribuição de AQS.

A segunda solução solar térmica caracteriza-se por apresentar, de forma centralizada, a produção de água quente, ou de água pré aquecida, captando a energia proveniente da radiação solar através de um campo único de coletores, comum ao edifício, acumulando essa energia em depósitos acumuladores, de inércia, localizados numa zona técnica adequada, sendo essa energia disponibilizada a estações de transferência de calor (que possuem permutadores de calor), instaladas nas frações, através das quais é aquecida, ou pré aquecida, a água fria proveniente da rede, que alimentará, após passar pelo equipamento de apoio, a rede de distribuição de AQS da fração.

A última solução caracteriza-se por apresentar, de forma centralizada, a captação de energia proveniente da radiação solar, através de um campo único de coletores, comum ao edifício, sendo essa energia distribuída, de uma forma equilibrada e proporcional (ao número de utilizadores), por depósitos acumuladores instalados em cada fração.

Na definição do nosso sistema devem existir alguns aspetos a ter em atenção, como sendo a seleção do sistema a aplicar mediante o edifício, zonas técnicas disponíveis e a gestão pretendida. Deve existir ainda um cálculo cuidadoso dos consumos de AQS face ao número de utilizadores, bem como decidir o tipo de equipamento de apoio. As condições climatéricas, localização do edifício, distancia dos coletores ao equipamento de apoio e o tipo de cobertura devem ser outros dos parâmetros em análise (Santos, 2012).

A localização geográfica do nosso país, com uma elevada quantidade de horas de exposição, bem como incentivos à colocação destes equipamentos no cumprimento das diretivas europeias, impulsionou o mercado nacional na utilização destes equipamentos. Um coletor solar é um dispositivo que converte a energia solar em energia térmica. Genericamente, o sistema é constituído por um painel que recebe a luz do sol, um permutador em que o fluido de aquecimento circula e um depósito em

que a água quente é armazenada. Como os coletores solares apenas preenchem 70% das necessidades energéticas para aquecimento de AQS, têm de ser complementados com a utilização de sistemas convencionais para a produção de água quente, onde são usados como fontes de energia a eletricidade ou o gás.

Em termos de mecanismos de circulação, os coletores solares dividem-se, essencialmente, em dois sistemas, o de circulação passiva por termossifão e o de circulação forçada, Figura 5.144.

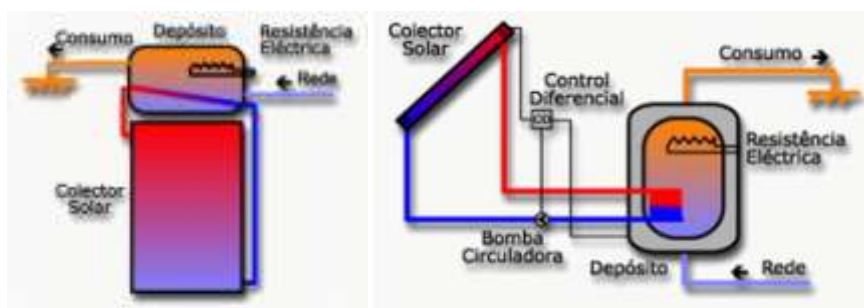


Figura 5.144 – Sistema de circulação passiva por termossifão e circulação forçada (Ganhão, 2011).

Um sistema de circulação por termossifão funciona com base na variação da densidade dos fluidos consoante a temperatura. O fluido é aquecido pelo Sol no coletor e sobe em direção ao depósito, forçando a circulação do fluido que lá estava. Geralmente em grandes sistemas de coletores solares é necessário recorrer-se à utilização de bombas electrocirculadoras para movimentar o fluido. Este tipo de bomba pode ser controlado por um sistema de controlo automático que faça com que a bomba entre em funcionamento quando a diferença de temperatura entre o coletor e o depósito assim o justifique. A instalação de coletores solares, tem um período de retorno que varia geralmente entre os 6 e os 10, onde algumas das suas vantagens são a redução da dependência energética do país e das emissões de CO₂, resultante do consumo de energia (Ganhão, 2011).

Tal como podemos obter energia de formas naturais, a água é também um recurso que deverá ser protegido e aproveitado. Os sistemas de aproveitamento de água podem aplicar-se a vários tipos de águas residuais, como as águas azuis, provenientes das chuvas, águas cinzentas provenientes da banheira, lavatório e das máquinas de cozinha e águas pretas provenientes da sanita (Lauria, 2007).

O aproveitamento de água pluvial é uma área em largo desenvolvimento, surgindo cada vez mais produtos no mercado para captação e utilização posterior. Até 50% da água que utilizamos nas nossas habitações pode ser substituída por água da chuva, sendo indicada para utilização em todas as situações que não requeiram a utilização de água potável, Figura 5.145, (OLI, 2012).

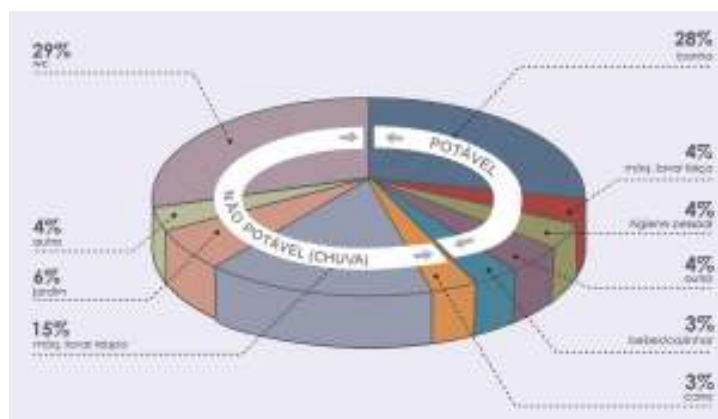


Figura 5.145 – Distribuição do consumo de água numa habitação
(Fonte: OLI, 2012).

Segundo Oliveira (2008), o aproveitamento das águas pluviais apresenta diversas vantagens como o aproveitamento e conservação da água, redução da dependência que existe das reservas de água subterrânea e redução do consumo e respetivos custos da água da rede pública. Permite ainda reduzir os custos de exploração dos sistemas de abastecimento de água e evita utilizar água potável em utilizações que não o exigem, como lavagem de pavimentos, rega de hortas, entre outros. Contribui ainda para controlar as inundações, armazenando parte da água responsável pelo escoamento superficial.

O aproveitamento das águas cinzentas reside fundamentalmente num sistema de depósito que armazena a água recolhida onde ocorre um sistema de depuração para ser posteriormente utilizada em utilizações que não obriguem a água potável. Estes sistemas têm como enorme vantagem a poupança de cerca de 45% da água potável que normalmente é usada para rega e limpeza de pavimentos (Lauria, 2007).

Segundo um artigo da Deco (2012), o aproveitamento das águas do duche para incorporação no autoclismo pode levar a poupanças na ordem dos 60% do consumo total de água em cada lar. Ainda neste artigo, é mencionado que é no duche e autoclismo que se registam os maiores consumos, o que reforça ainda mais a

importância do reaproveitamento das águas cinza para compensação no autoclismo, Figura 5.146.

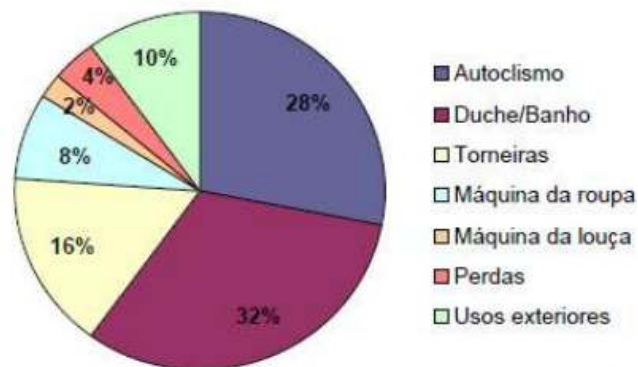


Figura 5.146 – Diferencial de consumos de água mediante o equipamento (Fonte: Ecoágua, 2011).

Os sistemas de aproveitamento das águas pretas, Figura 5.147, são sistemas mais complexos do que o mencionado anteriormente e destinam-se a águas utilizadas para a eliminação de urina e fezes que representam 20-30% da água que entra numa habitação.



Figura 5.147 – Sistema ECOWASTEWATER (Fonte: Ecoalcance, 2013).

Esta água é portadora de um alto grau de contaminação bacteriana, sendo patológica para seres humanos o que obriga a dispositivos de gradagem e uma combinação de processos de arejamento, filtração e tratamento químico de forma a permitir o seu reaproveitamento. Estes sistemas devido à sua complexidade destinam-se fundamentalmente a conjuntos habitacionais de relevo, como por exemplo hotéis (Ecoalcance, 2013).

5.12.2. Solução adotada

Após estudo e análise de muita informação sobre esta temática, a solução aplicada a este projeto procura responder às seguintes exigências:

- Adoção de uma instalação com um traçado simples, funcional e rapidamente exequível;
- Utilização de materiais correntes de mercado ao nível das instalações hidráulicas;
- Incorporação de um sistema de produção de AQS com recurso a painéis solares com termossifão e compensação com termoacumulador elétrico;
- Instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e cinzentas.

Face à localização das instalações sanitárias nos módulos tipo, a rede de águas residuais apresenta um traçado muito reduzido, com ligação ao exterior até uma caixa de visita, ou até ao tanque de recolha de águas cinzentas. A tubagem a utilizar será em PVC PN4, sendo assegurada a correta ligação às louças sanitárias com sifonagem ao nível do pavimento sempre que necessário.

Situação semelhante se verifica ao nível das águas de abastecimento, com um traçado simples e funcional que será disposto em rodapé saliente para alimentação das instalações sanitárias e cozinha. A rede de água fria e quente, será executada em tubo multicamada, devido à sua versatilidade e facilidade de montagem.

A realização de um rodapé saliente com 8 cm de espessura, ao longo de toda a periferia do módulo, permite criar um caminho de passagem da rede de abastecimento, permitindo um acesso rápido à instalação em caso de necessidade de manutenção ou derivação. Nesse mesmo rodapé saliente e sobre a instalação de abastecimento, será colocado a instalação elétrica e as tomadas embutidas, funcionando como um rodapé técnico único, mas com separação física entre as águas e a instalação elétrica, acessível sempre que necessário. O material utilizado na realização do rodapé será em contraplacado decorativo, que será interrompido na zona dos vãos envidraçados, onde será realizada uma passagem das instalações pela laje de pavimento, realizando de imediato a ligação com o rodapé a jusante, Figura 5.148.

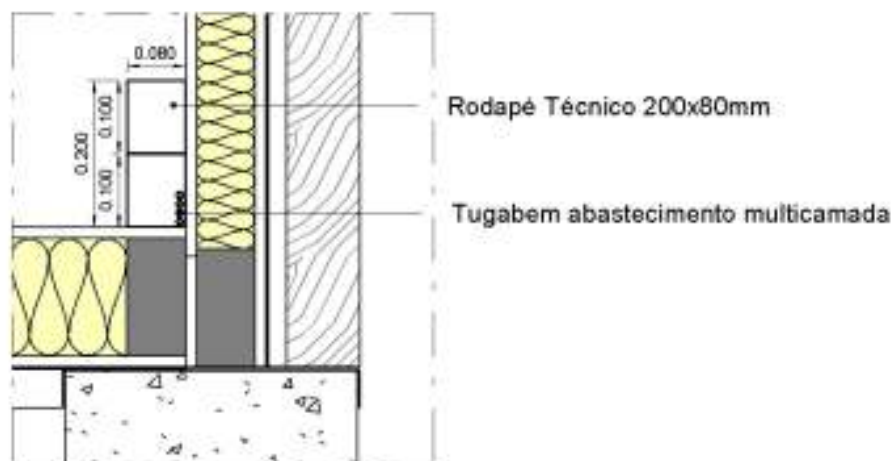


Figura 5.148 – Pormenor do rodapé técnico para passagem da tubagem de abastecimento.

Relativamente ao sistema de utilizado para a produção de AQS, será adotado na cobertura do módulo um sistema de painéis solares com circulação passiva com termossifão. A escolha deste sistema de grande simplicidade aproveita a circulação gravítica e reduz a necessidade de grandes áreas para compartimento técnico, uma vez que este apenas recebe um termoacumulador elétrico para compensação ao sistema principal. Esta solução permite ainda colocar de parte a necessidade de sistemas mais complexos e por conseguinte mais dispendiosos, como bombas electrocirculadoras para movimentação do fluido, existente nos sistemas ativos e que se refletem no consumo energético.

Este sistema apenas se justifica quando existe consumo de águas quentes sanitárias, pelo que a sua aplicação apenas se verifica nas soluções de módulo “Estúdio”, módulo “T1” e “T2”, ocorrendo variações no número de painéis solares e respetiva capacidade do termossifão e do termoacumulador, mediante o número de utilizadores. Nos dois primeiros casos de estudo, será adotado um painel solar e um termossifão com capacidade de 200 l, sendo que o termoacumulador elétrico terá uma capacidade de 80 l. No módulo “T2” este será colocado dois painéis solares com termossifão com capacidade de 300 l e um termoacumulador elétrico com 100 l de capacidade, Figura 5.149.



Figura 5.149 – Localização dos painéis solares com termossifão no módulo “T2”.

Para potenciarmos o aproveitamento da água utilizada na habitação, será instalado um sistema que recolhe e armazena a água pluvial recolhida na cobertura, mas também água proveniente do lavatório e da base de duche ou banheira. A opção de um sistema de aproveitamento de água com estes dois tipos de origem (pluviais e cinzentas), permite um maior rendimento e aproveitamento de água face ao equipamento instalado, já que mesmo nos períodos de verão quando a pluviosidade é menor, o consumo de água para banho e higiene pessoal mantém-se inalterado, o que garante que o nosso sistema estará em funcionamento continuado, permitindo reutilizar água todo o ano para o autoclismo ou para tarefas de rega e lavagem de pavimentos.

Importa salientar que este sistema apresenta um custo de aquisição e instalação expressivo, pelo que a sua colocação só se justifica dependendo dos consumos existentes face ao número de utilizadores, mas também das áreas de captação na cobertura. Nesse sentido, este sistema apenas se justifica nas soluções de módulo “T1” e módulo “T2”.

5.12.3. Parcerias e materiais

A análise e definição das soluções técnicas a aplicar neste projeto tiveram o apoio e a parceria de duas empresas, cujo apoio técnico foi importante na definição das soluções técnicas. O técnico Francisco Capitão da empresa Capitec – Instalações Hidráulicas, Lda., prestou apoio na definição do traçado das redes hidráulicas, escolha do tipo de tubagem e da gama de equipamentos a utilizar ao nível do AQS.

Relativamente ao equipamento de recolha e armazenamento das águas pluviais e cinzentas, a colaboração e apoio técnico foi prestado por Francisco Campos da empresa Ecoalcance.

A empresa Capitec – Instalações Hidráulicas, Lda., é uma empresa com um corpo técnico jovem e especializado no fornecimento e montagem de instalações hidráulicas no sector habitacional. A empresa Ecoalcance dedica-se à comercialização de equipamentos destinados ao tratamento ou armazenamento de águas limpas ou sujas, domésticas ou industriais. Com grande experiência no ramo, conta com o apoio técnico de quadros especializados, elaborando sempre soluções adequadas à realidade dos clientes.

Rede de abastecimento de água e águas residuais

A tubagem utilizada para a rede de abastecimento de água quente e fria é da gama alfasuperflex, da empresa Alfatubo. Esta tubagem é um tubo semi-rígido em polietileno resistente à temperatura, oferecendo uma combinação de baixo custo de produção, facilidade de instalação e longevidade na utilização (50 anos. Como principais vantagens temos a resistência à fissuração, baixo coeficiente de rugosidade, resistência a ambientes e solos agressivos não permitindo depósitos nem incrustações. A sua facilidade de aplicação, com instalações embebidas, extraíveis ou à vista permitem uma adaptação a traçados difíceis. Esta tubagem não necessita de protecções catódicas, é insensível à corrosão, apresentando grande flexibilidade e resistência à abrasão. Apresenta ainda resistência aos raios UV, respeitando o sabor natural da água e funciona como isolante eléctrico. Os métodos de união são muito fiáveis através da soldadura, podendo ser facilmente identificado devido às diferentes cores.

Esta tubagem é certificada pela NP EN ISO 22391-1/2 pela Certif, sendo que as suas condições de operação encontram-se mencionadas na Figura 5.150.

Classes de Aplicação		Normal		Máximo		Mau Funcionamento	
		Temperatura (°C)	Tempo (Anos)	Temperatura (°C)	Tempo (Anos)	Temperatura (°C)	Tempo (Horas)
1	Água Quente 60 °C	60	49	80	1	95	100
2	Água Quente 70 °C	70	49	80	1	95	100
	Piso Radiante	20	+	2,5			
4	Radiadores de Baixa Temperatura	40	+	20	70	2,5	100
		60		25			
5	Radiadores de Alta Temperatura	20	+	14			
		60	+	25	90	1	100
		80		10			

Figura 5.150 – Condições de operação tubagem alfasuperflex (Fonte: Alfatubo, 2013).

Relativamente à tubagem para a realização da rede de águas residuais, não existe qualquer designação comercial, optando-se simplesmente por uma tubagem de PVC rígido 4 Kg/cm². Este material mostra uma excelente relação custo-benefício apresentando vantagens como facilidade na instalação, baixa necessidade de manutenção e uma excelente resistência química. Atualmente este tipo de tubagem é o material mais utilizado para este tipo de instalação devido à durabilidade do material, bem como a todos os acessórios existentes que facilitam a versatilidade na montagem do conjunto.

Sistema de AQS

Conforme indicações da empresa Capitec, o sistema de AQS será da marca Vulcano, recaindo sobre a gama “Sistema Termossifão” e compensação com recurso a um termoacumulador elétrico. Relativamente aos painéis com termossifão, Figura 5.151, este funciona em circuito indireto, com um acumulador de alta eficiência de dupla envolvente. A sua montagem pode ser em cobertura plana ou inclinada, com possibilidade de aquecimento com apoio elétrico. O acabamento exterior do depósito é em aço lacado sendo o seu interior em dupla capa vitrificada. Possui ainda um vaso de expansão incorporado no interior do depósito e um isolamento em poliuretano de 50 mm de espessura. A estrutura do suporte é em alumínio de fácil montagem, assim como as uniões hidráulicas flexíveis de fácil instalação.



Figura 5.151 – Gama Sistema Termossifão (Fonte: Vulcano, 2013).

O equipamento utilizado na compensação aos painéis solares é um termoacumulador elétrico da gama EasyAqua, Figura 5.152, sendo a solução ideal para utilizadores que pretendem conforto e simplicidade de utilização. As capacidades variam entre os 35, 50, 80 e 100 litros, e potências entre 1.4 e 2.0 kW. O seu design único é característico da nova geração de equipamentos Vulcano, que realçam a importância dos fatores estética e funcionalidade. As suas dimensões reduzidas e a reversibilidade na instalação, vertical ou horizontal, possibilitam a adaptação a qualquer espaço.



Figura 5.152 – Termoacumulador elétrico EasyAqua (Fonte: Vulcao, 2013).

No Anexo 10 e como complemento a este capítulo, seguem as fichas técnicas dos materiais mencionados, contendo todas as características técnicas complementares.

Sistema de aproveitamento de água

O equipamento de aproveitamento de água comercializado pela Ecoalcance, é um equipamento que carece de uma correta análise mediante a localização, número de

utilizadores e áreas de captação. Dessa forma, cada sistema encontra-se devidamente calculado e construído para as necessidades. Este sistema que se encontra sobre sigilo técnico, é constituído em traços gerais por uma zona de filtragem, onde são retirados os resíduos suspensos entre outros, zona de tratamento químico onde ocorre a desinfecção, passando um sistema de controlo de odores com posterior bombagem para o autoclismo. Este sistema permite ainda ser abastecido por água da rede, para compensação nos casos em que não exista caudal suficiente proveniente das chuvas, lavatórios ou bases de duche. Neste caso a água da rede é controlada por electroválvulas de forma a evitar que esta entre em contato com a água existente no reservatório. Este equipamento é produzido em polietileno de alta densidade, com kit interior com 1 entrada e 2 saídas, sistema anti- turbulência, boia e mangueira e bomba submersível com controlo de pressão. Na Figura 5.153, segue uma imagem do sistema proposto com diferentes capacidades de depósito.



Figura 5.153 – Sistema de aproveitamento de águas pluviais e cinzentas (Fonte: Ecoalcance, 2013).

A empresa Ecoalcance realizou ainda um cálculo da capacidade do reservatório, mediante o tipo de solução adotada de módulo “T1” ou módulo “T2”. Esse mesmo estudo foi realizado para três zonas distintas do país, zona norte, zona centro e zona sul, de forma a contemplar os diferentes valores anuais de precipitação mediante a região, bem como a determinar com mais exatidão os custos referentes à instalação e ao transporte.

A Figura 5.154, representa o cálculo realizado para a zona de Viana do Castelo para o módulo “T2” e “T1” respetivamente.



Figura 5.154 – Cálculo do reservatório para módulo “T2”e “T1”– Viana do Castelo (Fonte: Ecoalcance, 2013).

O segundo cálculo foi realizado para a cidade de Viseu, de forma a abranger a região centro do País. Os valores de precipitação são mais reduzidos, o que abriga a uma maior capacidade de armazenamento para fazer face aos períodos de pouca pluviosidade, Figura 5.155.



Figura 5.155 – Cálculo reservatório para módulo “T2” e “T1” - Viseu (Fonte: Ecoalcance, 2013).

Situação semelhante ocorre para a cidade de Faro que representa a zona sul do país. A capacidade de armazenamento deste reservatório, face aos anteriormente calculados, é muito superior de forma a compensar os valores de precipitação anual reduzidos desta região, Figura 5.156.



Figura 5.156 – Cálculo reservatório para módulo “T2” e “T1” - Faro (Fonte: Ecoalcance, 2013).

O custo deste sistema face aos seus proveitos em termos ambientais e de poupança, torna este equipamento uma solução bastante apetecível para projetos de habitação. Contrariamente aos sistemas de tratamento de águas residuais, este equipamento reúne a vantagem de reduzir o consumo de água potável através de uma solução técnica mais simples, económica e para um número reduzido de utilizadores.

5.13. Instalações Elétricas, Iluminação e Equipamentos

5.13.1. Enquadramento

As primeiras instalações elétricas em Portugal são de difícil determinação, no entanto existem indícios que ocorre no final do séc. XIX, em Lisboa, para comemoração do aniversário do rei no ano de 1878. A evolução da nossa rede elétrica foi lenta, sem qualquer interligação e uma ténue regulamentação, que só ocorre no final da década de 20 do século passado, com a publicação da Lei dos Aproveitamentos Hidráulicos, que representa a primeira definição da rede elétrica nacional (Portugal Global, 2008).

Segundo a DGEG em 2008, a dependência de Portugal em termos de importação de energia foi de 82%. A produção interna baseou-se, exclusivamente, em fontes de energia renováveis, fundamentalmente hídrica e eólica. Esta produção cresceu 45% desde 1990. O abastecimento de energia primária no nosso país também cresceu visivelmente desde 1990 em cerca de 55%. Este valor deve-se, principalmente, ao aumento do abastecimento de petróleo (29% desde 1990) e de combustíveis sólidos (31% desde 1990). O gás natural foi introduzido no abastecimento de energia primária de Portugal, pela primeira vez em 1997 e atingiu os 17% de quota de abastecimento total de energia em 2008. Em termos de fontes renováveis a quota foi de 18%.

Segundo dados desta mesma agência a dependência energética do exterior em 2010 era de 76,7%, salientando que a taxa de dependência energética tem vindo a decrescer desde 2005, apesar de ter sofrido um ligeiro agravamento no ano de 2008 relativamente a 2007. Importa no entanto salientar, que um artigo do Jornal Expresso (2013), menciona que o consumo de energia em Portugal caiu 5,2% em quatro anos, entre 2008 e 2011, fruto do abrandamento da economia e do início da crise

financeira. Este fator indica que continuamos a depender imenso de energia do exterior, pelo que a aposta nas energias renováveis é uma medida determinante para contornar esta situação.

Essa aposta é também determinante no cumprimento das metas estabelecidas a nível internacional, existindo os seguintes compromissos até 2020:

- Redução do consumo de energia primária em 20% (meta da eficiência energética);
- Aumento do recurso a energias renováveis para 20% do mix europeu (meta indicativa para Portugal: 31%);
- Incorporação de 20% dos biocombustíveis nos carburantes até 2020.

É no entanto de salientar que Portugal tem demonstrado sinais fortes de mudança a este nível, através do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (Estratégia para a Eficiência Energética - PNAEE 2016) e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (Estratégia para as Energias Renováveis - PNAER 2020) (DGEG, 2013). Destaque ainda para a melhoria da rede de transporte e de distribuição permitindo um transporte eficiente da energia com o mínimo de perdas e níveis elevados de segurança de maneira a manter a qualidade do serviço. O papel da concessionária Redes Energéticas Nacionais (REN), foi determinante neste aspeto, conforme se pode verificar na Figura 5.157, onde está representado a evolução da rede de transporte de eletricidade em Portugal entre 2006 e 2010 (Cardoso, 2011).

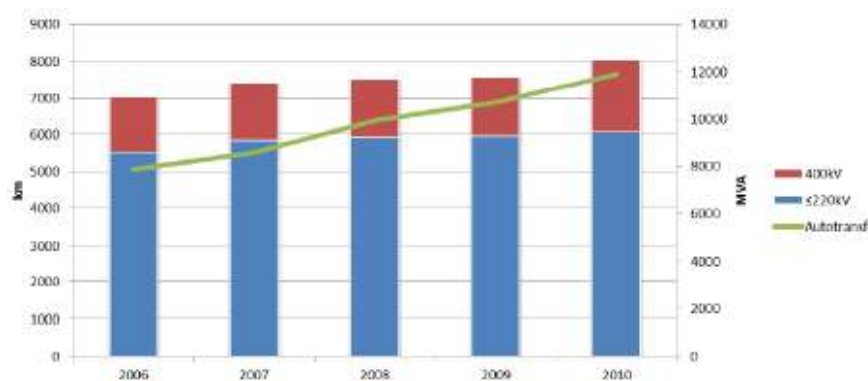


Figura 5.157 – Evolução da rede nacional de transporte de energia (Fonte: Cardoso, 2011).

As políticas de incentivo à utilização de energias renováveis, foram rapidamente aproveitadas por muitas empresas nacionais, tendo sido um novo impulsionador de

mercado, surgido várias empresas direcionadas para serviços de micro-geração, construção de parques eólicos, etc.

Um exemplo é a empresa Energias de Portugal (EDP), que apresenta uma campanha alargada que visa a eficiência energética, com divulgação de medidas conscientes que defendam o ambiente e reduzam a fatura da luz. A própria aposta desta empresa na produção de energia elétrica a partir de fontes de energia renovável é ainda perceptível na Figura 5.158.

Repartição por tecnologia da energia comercializada pela EDP Serviço Universal em 2012

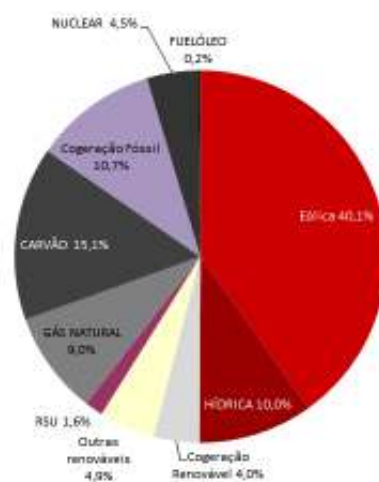


Figura 5.158 – Origem da eletricidade (Fonte: EDP, 2013).

Face ao exposto, importa referir que em 2010 o contributo das energias renováveis no consumo total de energia primária foi de 22,8% contra 20% em 2009, existindo uma claro aumento de produção de eletricidade. Atingiu-se em 2010, 9777,98 MW de potência instalada sendo 4917,25 MW em hídrica, 784,5 MW em biomassa, 3911,98 MW em eólica, 30 MW em geotérmica e 134,25 MW em fotovoltaica. Em 2010 foram produzidos 29566 GWh de energia elétrica a partir de fontes de energia renovável (DGEG, 2013).

Ainda segundo a DGEG (2008), desde o início da década de noventa que o consumo de energia final cresceu 3,2% ao ano. No balanço de 2008, os transportes eram responsáveis por 36,3% da energia consumida, a Indústria por 29,5%, o Sector Doméstico por 16,8%, os Serviços por 11,5% e os restantes 5,8% em outras atividades como a Agricultura, Pesca, Construção e Obras Públicas.

O sector doméstico com o seu consumo de 16,8% de energia primária e representando cerca de 29% do consumo de eletricidade, indica que é preciso implementar medidas de controlo na redução destes consumos. Este consumo deve-se fundamentalmente à ineficiência dos equipamentos, às práticas de utilização e invariavelmente ao próprio edifício. Estima-se que com algumas pequenas intervenções nos edifícios, é possível poupar até 30-35% de energia, mantendo as mesmas condições de conforto e uma redução entre os 10% e os 40% com medidas de baixo custo ou sem qualquer custo, com alteração de comportamentos e medidas preventivas. O consumo de eletricidade no sector doméstico divide-se em diferentes usos face ao número de equipamentos existentes, conforme mencionado na Figura 5.159 (ADENE, 2010).

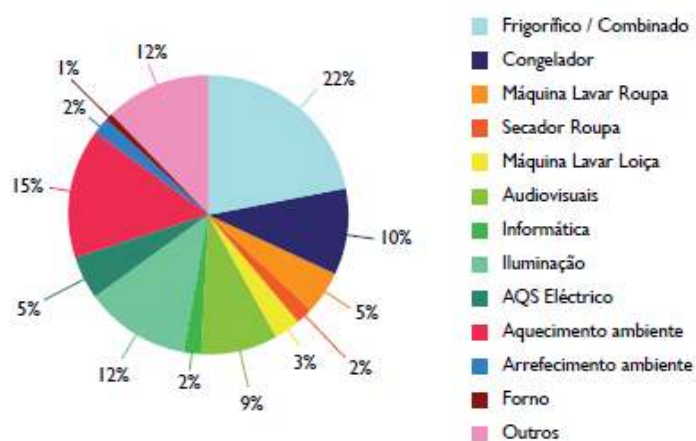


Figura 5.159 – Repartição dos consumos de eletricidade pelos diferentes usos finais (Fonte: ADENE, 2010).

Conforme já mencionado nos pontos anteriores, existem medidas ativas e passivas que podem ser implementadas e que permitem uma redução nos consumos de eletricidade. As soluções técnicas adotadas nos pontos 5.9 e 5.10, são exemplos práticos de algumas medidas, que conciliadas com a envolvente opaca bem isolada permitem resultados favoráveis. Uma vez que o consumo energético no sector doméstico é relevante, o mercado tem surgido com soluções ativas na redução e produção de energia elétrica.

Uma das soluções ativas, incide diretamente nos eletrodomésticos, já que estes são responsáveis por cerca de 50% da utilização de energia de uma habitação. Na aquisição do eletrodoméstico deve-se ter em conta o seu grau de eficiência e que a

sua dimensão seja adequada às necessidades. A eficiência dos equipamentos que utilizamos tem sido uma área de grande aposta representado por uma etiqueta energética com o seu respetivo desempenho energético, Figura 5.160, (Ganhão, 2011).

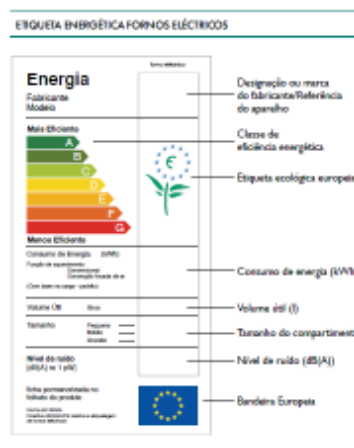


Figura 5.160 – Etiqueta energética em eletrodomésticos (Fonte: ADENE, 2010).

Outra das soluções ativas são os sistemas de micro-geração, através da utilização de painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas. Ambas promovem a produção de energia elétrica que pode ser utilizada para consumo próprio e venda à rede.

Um painel fotovoltaico, Figura 5.161 é um dispositivo que permite converter a energia libertada pelo sol, sob a forma de radiação solar, diretamente em energia elétrica.



Figura 5.161 – Painéis fotovoltaicos (ADENE, 2010).

O seu desempenho energético varia consoante a luz solar disponível e a inclinação dos módulos, sendo a eficiência de conversão de cerca de 15%. Este tipo de sistema

pode ser integrado ao nível das fachadas e coberturas, sendo que o investimento inicial pode ser recuperado, quer ao nível de poupança da energia elétrica da rede, quer da venda de energia produzida para a rede pública. Como principais vantagens é a fiabilidade do material, sem peças móveis facilitando a sua aplicação e portabilidade, com custos de manutenção e montagem reduzida. A energia pode ser armazenada em baterias, sendo que a produção elétrica gerada é limpa e amiga do ambiente, já que proveem de uma fonte de energia renovável. Como principais desvantagens existe o seu custo de investimento, o seu rendimento real de conversão é reduzido podendo nos sistemas mais evoluídos atingir os 30%. O seu custo de aquisição face ao rendimento não consegue competir com outros sistemas como os geradores a gás/óleo (Ganhão, 2011).

De salientar que os sistemas solares nunca se devem desenhar de forma a responder a 100% das exigências, pois se o sistema atende às necessidades nas épocas de maior consumo, também permanece o excesso dos coletores sem uso nas épocas de menor consumo. Um sistema solar térmico, como qualquer outra instalação num edifício, deve ter uma manutenção adequada, realizada por técnicos credenciados (ADENE, 2010).

As turbinas eólicas é outro dos equipamentos micro-geradores, que converte a energia do vento em energia elétrica. Quando o vento incide na estrutura a energia cinética provocada pelo girar das pás das turbinas, faz rodar um eixo (energia mecânica) que coloca em funcionamento um gerador onde os campos magnéticos convertem a energia rotacional em energia elétrica, Figura 5.162 (Ganhão, 2011).

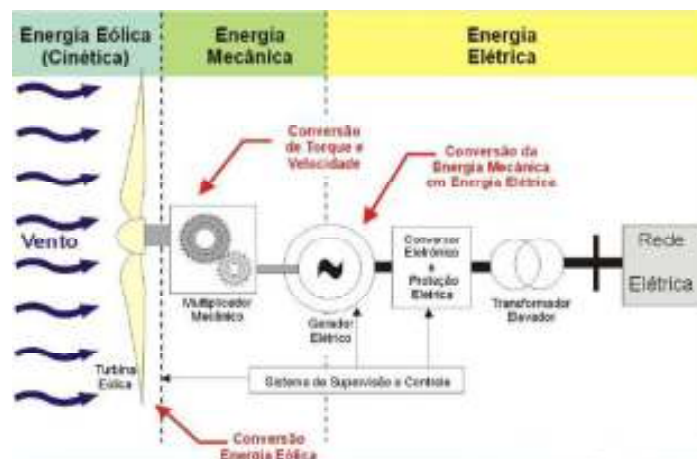


Figura 5.162 – Mecanismo de conversão da energia do vento em energia elétrica (Ganhão, 2011).

A tecnologia eólica já está na sua fase madura e tem assistido a um grande desenvolvimento comercial. A instalação desta tecnologia de baixa ou muito baixa potência, é indicada para casas isoladas, que se encontrem em zonas ventosas. Os aerogeradores que atualmente existem no mercado para uso doméstico, de reduzida potência (inferior a 10kW), são utilizados normalmente para bombear água ou como mini-geradores eólicos para produção de energia elétrica (ADENE, 2010).

Existem outros sistemas que podem ser utilizados para a produção de energia, nomeadamente a energia hídrica, onde através da força gravitacional desses fluxos de água se consegue produzir energia elétrica, bem como da geotermia. Há ainda a energia da biomassa, já abordado no ponto 5.9, onde o recurso base são os resíduos das florestas, mas também pode ser utilizados os biocombustíveis gasosos, com origem em efluentes agro-pecuários, agro-indústria e urbanos e ainda dos aterros de resíduos sólidos urbanos (Lauria, 2007). Importa no entanto salientar que ao nível habitacional, a geotermia geralmente é utilizada para aquecimento já que a produção de energia elétrica tendo como base este sistema obriga a instalações mais complexas. Situação semelhante se verifica na utilização dos biocombustíveis, com exceção dos recursos hídricos, já que existem diversas moradias que aproveitam as linhas de água existente nos terrenos para produção elétrica.

Outra das medidas ativas que têm uma relação direta na redução dos consumos de eletricidade incide no tipo de iluminação utilizada. Segundo a ADENE (2010), 20% da energia que consumimos em casa é relativa à iluminação, e que as lâmpadas convencionais incandescentes só aproveitam em iluminação cerca de 5% da energia elétrica que consomem. Os restantes 95% são transformados em calor, sem aproveitamento luminoso. Dessa forma a substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas de baixo consumo, é uma das medidas mais fáceis e económicas de reduzir o consumo e consequentemente as emissões de CO₂ para a atmosfera do sector doméstico (Tirone *et al.*, 2010)

5.13.2. Solução adotada

As soluções adotadas referentes à temática da instalação elétrica, iluminação e equipamentos elétricos, foram motivo de grande avaliação de consulta de

fornecedores e de análise de documentação sobre os sectores críticos de consumo de energia em Portugal. Dessa forma as opções aplicadas a este projeto são as seguintes:

- Adoção de uma instalação elétrica com materiais correntes de mercado, funcional, eficiente e rapidamente exequível;
- Utilização de armaduras e lâmpadas eficientes e comercializadas por empresas nacionais;
- Incorporação de um sistema microprodutor com recurso a painéis fotovoltaicos;
- Aquisição de eletrodomésticos eficientes.

A instalação elétrica à semelhança da rede de abastecimento de água será disposta num rodapé técnico saliente que se encontra dividido em dois caminhos de passagem. Na parte inferior será disposta a tubagem em multicamadas de água fria e quente e no caminho superior será disposta os cabos elétricos, bem como embutidas as tomadas elétricas. O material utilizado na realização do rodapé será em contraplacado decorativo, que será interrompido na zona dos vãos envidraçados, onde será realizada uma passagem das instalações pela laje de pavimento, realizando de imediato a ligação com o rodapé a jusante, Figura 5.163.

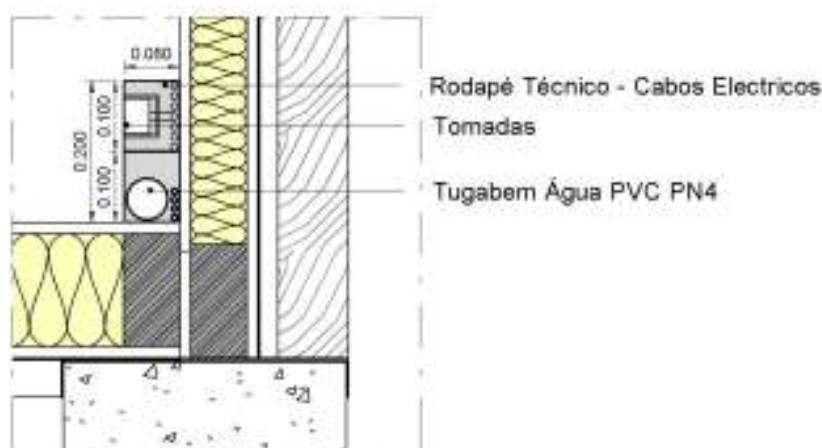


Figura 5.163 – Pormenor do rodapé técnico para passagem da tubagem de eletricidade e alimentações.

Ao nível das luminárias, estas serão fixas às paredes interiores, terão linhas simples e várias possibilidades de incidência indireta da luz conforme as necessidades do espaço e os níveis de conforto pretendidos. A sua alimentação será realizada por trás do painel OSB3 que forra a face interior da parede, através de uma tubagem negativo

que será colocada previamente aquando a montagem das paredes. Essa tubagem terá uma ligação com o rodapé saliente, onde será realizada a passagem de cabos. As luminárias deverão possuir lâmpadas eficientes, promovendo a redução dos consumos para iluminação. A opção de utilizar luminárias fixas nas paredes é devido a facilitar a instalação de alimentação aquando da conjugação dos vários elementos de parede, sem existir a necessidade de fazer passagens para a laje de teto. Relativamente às aparelhagens para interruptores e tomadas, estas serão de uma gama corrente e material resistente e funcional. Estes materiais devem ser comercializados por empresas nacionais de forma a promover os nossos materiais.

De forma a obter um edifício com um elevado nível de eficiência, a cozinha será equipada com equipamentos de classe de eficiência de A e A⁺ como forma de promover a poupança de eletricidade e a reduzir os consumos de água. A produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis, será realizada com recurso a painéis fotovoltaicos eficientes, com venda direta à rede de forma a rentabilizar o investimento inicial e a promover o ambiente.



Figura 5.164 – Localização dos painéis fotovoltaicos com no módulo “T2”.

A colocação dos painéis fotovoltaicos será em estrutura metálica fixa ao chão no terreno envolvente ao módulo. Estes deverão ser dispostos e orientados de forma a obter a máxima eficiência de forma a obter a máxima rentabilidade do equipamento.

5.13.3. Parcerias e materiais

No desenvolvimento e elaboração técnica desta especialidade, foram realizadas três parcerias com empresas experientes e com uma vasta carteira de clientes. A empresa Barreiros Costa & Sampaio, sobre o acompanhamento do Engenheiro Paulo Sampaio, prestou apoio na definição da rede elétrica e respetivas aparelhagens e

luminárias. No cálculo e determinação do sistema de micro-geração, tive a colaboração do Engenheiro Josué Moraes da empresa Renovus – Soluções de Energia. Relativamente aos equipamentos de cozinha estes foram analisados e apresentados por Paulo Meira da empresa Casa Peixoto.

A empresa Barreiros Costa & Sampaio, tem como atividade principal a execução de instalações elétricas, telecomunicações e de climatização. Desde a sua formação em 1980, que reúne uma vasta carteira de clientes e obras de relevo, adquirindo uma vasta experiência e conhecimento. A aposta na qualidade, profissionalismo e respeito pelos compromissos com o cliente, são a linha de orientação da equipa humana que a compõe. A aposta em mercados exteriores tem sido um dos objetivos nos últimos anos oferecendo um capital humano qualificado e um parque de equipamentos organizado e moderno.

Instalação elétrica

O estudo técnico desenvolvido por esta empresa encontra-se no Anexo 11, para uma consulta mais aprofundada dos trabalhos contemplados. Em termos gerais a proposta desta empresa contempla um sistema de terras de proteção, alimentação e distribuição de energia, quadros elétricos, instalação de alimentação para iluminação, tomadas e equipamentos. Contempla ainda um sistema de videoporteiro, instalação de alimentação para iluminação exterior, estores e do sistema de rega, conforme mencionado na Figura 5.165.

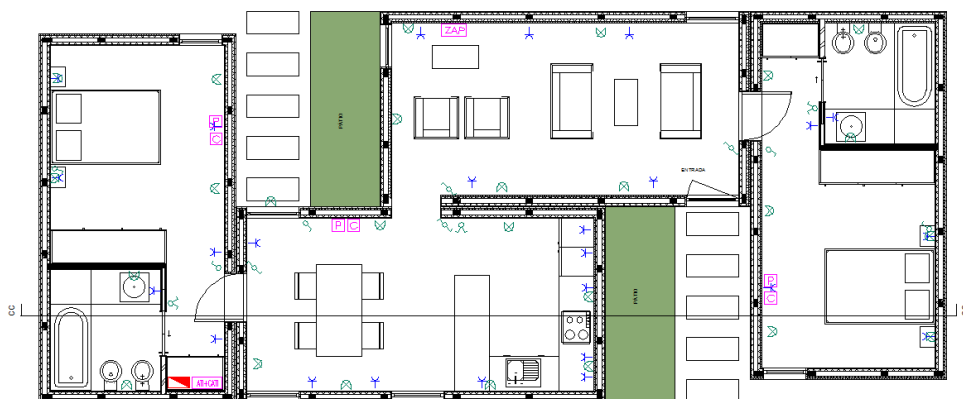


Figura 5.165 – Instalação elétrica do módulo “T2” (Fonte: Barreiros Costa & Sampaio, 2013).

Sistemas de iluminação

A gama contemplada para as aparelhagens será a linha base Logus 90 da EFAPEL, devido a tratar-se de material nacional, com uma boa relação preço qualidade. Em relação ao tipo de luminárias a escolha recaiu na série Linea da gama Exporlux Uplighths, devido às suas linhas simples e à possibilidade de optar por diferentes tipos de projeção da luz.



Figura 5.166 – Série Logus 90 e Linea (Fonte: EFAPEL, 2013 e EXPORLUX, 2013).

Sistema microprodutor

A empresa Renovus – Soluções de Energia, realizou um estudo para a instalação de um sistema microprodutor com recurso a painéis fotovoltaicos, analisando a rentabilidade do sistema para três zonas distintas, Bragança, Coimbra e Faro. Devido à dimensão deste estudo, este segue no Anexo 11 para consulta complementar. Foi admitido que a potência contratada seria de 10,35 kVA (45 A em monofásico ou 3x15 A em trifásico), levando a que o estudo do sistema fotovoltaico de Microprodução terá uma potência de ligação de 3,68 kW (potência nominal do inversor), mas o painel fotovoltaico será sobredimensionado para 4,41 kW otimizando assim a produção nas épocas de menor radiação solar (do outono à primavera).

Este sistema fotovoltaico é constituído por módulos fotovoltaicos RISEN, 18x 245 Wp, estrutura de suporte (no solo neste caso), quadros elétricos de corrente contínua – DC e de corrente alternada – AC. Prevê ainda um inversor que transforma a corrente DC em AC para injeção na rede elétrica, cablagens, contador de energia e modem de comunicações do contador – telecontagem. Os equipamentos e respetivas potências utilizadas neste estudo seguem na Tabela 5.26.

Tabela 5.26 – Sistema fotovoltaico contemplado no estudo (Fonte: Renovus, 2013).

POTÊNCIA DE LIGAÇÃO - 3,68 kW			
SOLUÇÃO SISTEMA FIXO - 4,41 kWp			
EQUIPAMENTOS	CARACTERÍSTICAS	QUANTIDADE	OBSERV.
Módulos	RISEN 245 Wp	18	2x9
Inversor	KOSTAL Piko 4.2	1	3,68 kW
Estrutura	No solo	1	
Quadros DC	Weidmuller	1	
Quadros AC	Weidmuller	1	
Quadro Medida/Contagem		1	
Instalação "chave na mão"		1	

O sistema microprodutor é assim composto por painéis fotovoltaicos da marca RISEN fixos em estrutura metálica de alumínio da INTERSOL, cujo perfil é variável conforme o grau de exposição ao vento entre outros fatores meteorológicos. Apesar deste sistema se encontrar em estrutura apoio no pavimento, os seus sistemas de fixação assemelham-se a uma aplicação em cobertura plana, Figura 5.167.



Figura 5.167 – Sistema de fixação dos painéis fotovoltaicos (Fonte: INTERSOL, 2013).

Os painéis fotovoltaicos Risen de 245 Wp, são de uma grande qualidade construtiva, que é testada e analisada em mais de 18 testes da especialidade, que conferem uma certificação ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001. A sua estrutura leve, permite a sua facilidade no transporte e montagem que pode ser na vertical ou horizontal, sendo compatível com os sistemas de fixação em cobertura ou pavimento. Apresenta níveis elevados de rendimento, refletindo-se num rendimento real de mais 5% face ao rendimento teórico e uma performance de 100% durante os primeiros 10 anos e de 82% ao concluir os 25 anos após a instalação.



Figura 5.168 – Painéis fotovoltaicos Risen 245 Wp (Fonte: Renovus, 2013).

No Anexo 11 e como complemento a este capítulo, seguem as fichas técnicas dos materiais mencionados, contendo todas as características técnicas complementares.

Equipamentos hoteleiros

Os equipamentos para instalação na cozinha foram apresentados pela empresa Casa Peixoto, que comercializa e distribui materiais de construção há mais de 30 anos. Esta empresa é uma referência no seu sector de atividade pelos seus serviços personalizados, pela oferta abrangente e pelo design dos seus produtos. Esta empresa familiar de reconhecida experiência, posiciona-se pelo dinamismo e capacidade de resposta às exigências do seu mercado e por ter uma atitude responsável face ao ambiente. Os equipamentos propostos são da marca BOSH, devido aos seus equipamentos com a designação “Green Technology Inside” que utilizam menos água e energia no seu funcionamento. De salientar ainda a política ambiental desta marca devido aos seus esforços no desenvolvimento tecnológico e nas iniciativas que promovem a poupança e a proteção do ambiente.

Os equipamentos que são propostos são os seguintes:

- Frigorífico Combinado BOSH KGE36AW40;
- Placa de Indução BOSCH PIE651R14E;
- Máquina de lavar louça BOSCH SMS54M22EU;
- Máquina de lavar roupa BOSCH MAQ.L/ROUPA WAQ24468EE;
- Forno independente branco BOSCH HBG33B520.

No Anexo 11 e como complemento a este capítulo, seguem as fichas técnicas dos materiais mencionados, contendo todas as características técnicas complementares.

5.14. Considerações técnicas diversas

O presente subcapítulo aborda um conjunto de escolhas/necessidades técnicas cuja implementação no nosso módulo é abordada de forma geral. Estas opções pretendem colmatar alguns aspeto que não tenham sido analisados nas especialidades mencionadas nos pontos anteriores. Para uma melhor análise das várias temáticas em análise seguem as seguintes considerações:

5.14.1. Terras de escavação

O terreno a implantar os módulos deve reunir um conjunto de requisitos que permitam a durabilidade estrutural do nosso elemento de fundação, mas também a sua estabilidade e funcionamento. O local da implantação deve ser alvo de uma correta análise, optando por terrenos de boa qualidade homogêneos e resistentes, com poucas formações rochosas, ou com níveis freáticos próximos da cota de projeto. Estas opções reduzem consideravelmente os custos de escavação, necessidades de entivação ou proteção/impermeabilização das fundações. Quando necessário o solo deve ser sujeito a um processo de compactação, que aumente a resistência de rutura do solo sob ação de cargas externas e a redução de variações volumétricas.

O tipo de escavação adotado deverá ser em toda a largura, sendo um movimento geral de terras com a dimensão da base do edifício. Deve ser utilizada maquinaria que reduza ao mínimo a área intervencionada, ou que reduza os danos na fauna e flora envolvente. O equipamento deverá passar por uma retro-escavadora ou giratória.

Os terrenos provenientes da escavação e que não possam ser novamente incorporados em obra após a realização da fundação, deverão ser devidamente acondicionados e se possível reaproveitados em arranjos exteriores ou produção agrícola, como jardins e hortas.

5.14.2. Acabamentos Exteriores e Envolventes do Edifício

As soluções construtivas deste projeto devem ser enquadradas em zonas verdes, onde deve existir árvores, arbustos e trepadeiras colocados em lugares adequados, de forma a melhorar a estética e a qualidade ambiental, bem como a proporcionar sombra e proteção do vento.

A água que se evapora durante a atividade fotossintética arrefece o ar envolvente e pode conseguir uma ligeira descida da temperatura, que pode variar entre os 3°C e 6°C nas zonas arborizadas. Paralelamente, as árvores de folha caduca, oferecem um excelente grau de proteção do sol no Verão, ao passo que no Inverno permitem que o sol aqueça a casa. Ao rodearmos o edifício com plantas, em vez de pavimentos de cimento, alcatrão ou similares, podemos ainda diminuir a acumulação de calor.

5.14.3. Soleiras, Pavimentos Exteriores e outros

As soleiras a colocar nas zonas de acesso ao módulo e vãos envidraçados deverão ser em granito da região com 3 cm de espessura. Uma vez que a laje de pavimento está 3 cm acima da viga de bordadura das paredes envolventes, a colocação destas soleiras coloca os vãos envidraçados à mesma cota do pavimento interior. Este tipo de material pode ainda ser utilizado nas bancas de cozinha, ou sobre os armários que possam eventualmente ser colocados nas instalações sanitárias.

O pavimento de acesso ao módulo deverá ser realizado em material semelhante ao das soleiras, em formato de lajeta e disposto de forma isolada para aumentar a área e o potencial de absorção do terreno envolvente.

O material deve provir de zonas de extração da região, reduzindo desta forma os custos ambientais resultantes do seu transporte. Devem ser privilegiadas empresas com políticas ambientais que promovam a eficiência do processo de extração, acabamento e transporte, mas que também apresentem planos de recuperação ambiental das zonas intervencionadas ou medidas ambientais compensatórias.

5.14.4. Carpintarias e Mobiliário

Face às inúmeras soluções de mercado existentes para mobiliário e carpintaria, e tratando-se de um aspeto que é muito variável mediante os gostos do Cliente, as

linhas diretrizes para este projeto focalizam-se na utilização de materiais devidamente certificados (FSC ou PEFC).

As opções que mencionamos como válidas para as portas interiores são a utilização da DEKORDOR da Vicaima, já que se trata de uma porta aro, de fácil instalação, permitindo aberturas inverse (faceada com a parede), pivotante e de correr. Esta porta tem um conjunto alargado de acabamentos laminados amigos do ambiente que transmitem todo o encanto da lâmina de madeira natural e estão disponíveis com certificação FSC. Ao nível dos roupeiros a opção pode recair nas soluções apresentadas também pela empresa Vicaima, face à sua política ambiental e devido a ser certificada pela norma ambiental ISO 14001 e pela FSC, bem como a integrar a The Forest Trust (TFT), organização não governamental que promove a gestão sustentável das florestas tropicais (Vicaima, 2013).

Os restantes móveis como armários técnicos ou de arrumação, rodapé técnico saliente, armários de instalações sanitárias ou cozinha, ou mesmo o mobiliário de quarto, deverá ser realizado com derivados de madeira devidamente certificados. Como material de eleição a escolha recaiu sobre o contraplacado decorativo koskiDecor eco ou koskiDecor eco transparente comercializado pela empresa Multiplacas, pois trata-se de um material resistente e duradouro, com múltiplos acabamentos e de fácil limpeza, podendo ser utilizado mesmo em ambientes de casa de banho.

Para uma consulta mais aprofundada das características dos materiais mencionados, segue no Anexo 12 as fichas técnicas da porta DEKORDOR e dos contraplacados decorativos.

5.14.5. Complementos de sombreamento

A utilização do sistema Cilium mencionado no ponto 5.9, deverá ser complementada com a plantação de árvores de folha caduca na zona envolvente do edifício. No entanto e como reforço do sombreamento para os meses mais quentes, será colocado estores interiores de rolo para evitar o calor excessivo e colocando de parte a necessidade de utilizar sistemas mecânicos para arrefecimento.

Os estores de rolo a aplicar devem possuir tecidos técnicos de fibra de vidro endurecida com PVC, ignífugos, que permitam a circulação do ar, formando um autêntico filtro solar. Os estores deverão ser tipo solscreen apresentando um funcionamento simples através de corrente, que permita a movimentação dos estores e a sua imobilização na posição desejada.

5.14.6. Rufos e caleiras

A realização dos rufos e os tubos de queda deverão ser realizados em chapa de zinco nº12, devido a ser um metal competitivo em termos de custos e devido a ser um metal não ferroso torna-o resistente à corrosão. O tubo de queda deverá ser devidamente fixo ao elemento de parede e possuir o diâmetro determinado para o escoamento da cobertura. O rufo deverá recobrir na totalidade a parte superior da platibanda e realizar as dobras sobre ambas as faces da mesma, prevendo um sistema de pingadeira.

5.14.7. Caixas de visita

As caixas de visita, serão executadas com as dimensões determinadas no projeto da especialidade, com laje de fundo em betão armado e painéis de parede em alvenaria de blocos de cimento ou tijolo maciço, assentes com argamassa de cimento e areia ao traço 1:3, em volume.

As faces interiores das paredes serão lisas e estanques. Para assegurar a estanqueidade as faces interiores serão revestidas com uma camada de argamassa hidrófuga de areia e cimento ao traço 1/3 de 2 cm de espessura e posteriormente afagadas à colher com pó de cimento. A ligação das tubagens às paredes será executada de modo a permitir a correta aderência.

5.14.8. Orientação solar

Este parâmetro é de grande importância, pelo que o local da implantação deve ser alvo de uma análise atenta, de forma a possibilitar que o edifício capte a radiação solar nos períodos em que existe uma maior necessidade de energia (Inverno) e de ter a menor superfície possível exposta à luz do sol quando existe a necessidade de dissipar o calor (Verão). Estas condições determinam o grau de conforto oferecido

aos ocupantes e os consequentes gastos de energia em climatização (aquecimento ou arrefecimento).

Regra geral, é preferível que a exposição solar das superfícies a Este e Oeste seja reduzida. Estas duas orientações são irradiadas principalmente durante o Verão e a entrada de radiação é muito difícil de controlar, uma vez que se faz quase perpendicularmente às janelas. Para combater a influência do frio do Inverno, é aconselhável reduzir as paredes e janelas orientadas para o Norte e aumentar as que estão orientadas para o Sul, também porque as paredes voltadas para o Sul são mais fáceis de proteger dos raios solares durante o Verão.

5.15. Outras considerações

5.15.1. Plano de Gestão de Resíduos

A elaboração de um plano de gestão de resíduos (PGR) deverá ser realizada de forma a obter um plano estratégico que nos permita uma correta gestão dos materiais sobranes aquando da execução do módulo e da sua montagem no local.

Esse plano deve estar devidamente enquadrado com o Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março, que veio estabelecer o regime jurídico específico a que fica sujeita a gestão de resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou de derrocadas, designados resíduos de construção e demolição (RCD), compreendendo a sua prevenção e reutilização e as suas operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação. A gestão dos RCD é da responsabilidade de todos os intervenientes no seu ciclo de vida, desde o produto original até ao resíduo produzido, na medida da respetiva intervenção no mesmo.

Segundo um estudo desenvolvido por Pereira, *et. al* (2004), sobre gestão dos resíduos de construção e demolição na Zona Norte de Portugal, determinou que predominavam como RCD alguns materiais como betão, alvenaria e argamassas, onde não era realizada qualquer separação de materiais que normalmente seguiam como entulho misturado. Os resíduos de escavação como solos e pedras também predominavam, Figura 5.169.

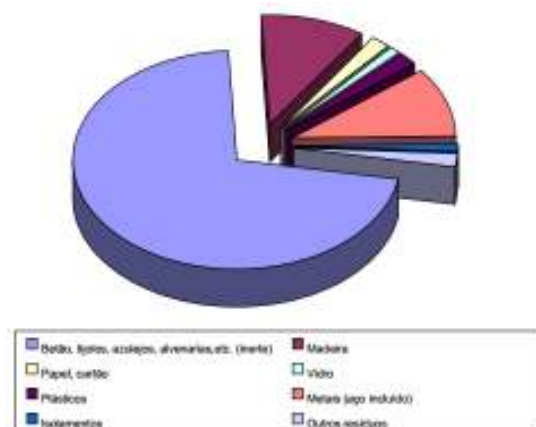


Figura 5.169 – Materiais constituintes do núcleo dos RC&D (percentagem de peso) (Fonte: Pereira, *et. al* 2004).

Uma vez que os materiais acima mencionados, foram reduzidos ao mínimo ou simplesmente não existem na solução técnica em estudo, os resíduos resultantes não têm grande expressão em termos de quantidades e volume. Com uma gestão adequada e bem estruturada privilegiando uma gestão eficaz dos recursos e uma triagem devidamente organizada, grande parte dos materiais poderão ser reutilizados/reaproveitados ou reciclados na produção de outros materiais, reduzindo ao mínimo os materiais para aterro.

O PGR deve portanto assegurar a promoção da reutilização de materiais e a incorporação de reciclados de RCD na obra e a existência de um sistema de acondicionamento adequado que permita a gestão seletiva dos RCD. Deve ainda promover a aplicação em obra de uma metodologia de triagem de RCD ou, nos casos em que tal não seja possível, o seu encaminhamento para operador de gestão licenciado.

5.15.2. Gestão e Fiscalização de Projeto

A elaboração deste projeto deve ser devidamente acompanhada por um corpo técnico sensibilizado para as questões da construção sustentável. Os módulos analisados neste documento, são uma das múltiplas possibilidades que este projeto pode assumir, pelo que a alteração das disposições dos mesmos, ou até acoplação de novos, deve ser devidamente estudada e analisada para não comprometer os níveis de eficiência do conjunto.

A fiscalização deve ser transversal a todo o processo, desde o estudo da solução técnica adotada, verificação dos materiais aplicados e da conformidade dos processos construtivos com o mencionado no projeto. É ainda papel da fiscalização a realização de uma análise cuidada da empresa promotora e/ou construtora, de forma a determinar se estas reúnem todas as capacidades técnicas e económicas para à construção. Na escolha da entidade devem ser privilegiadas as empresas com certificação integrada em qualidade, ambiente, higiene e segurança.

5.15.3. Variantes ao projeto

As soluções técnicas adotadas para este projeto não se apresentam imutáveis, estando orientadas para as condições existentes em Portugal continental. Nesse sentido, a aplicação desta solução noutra localização, carece invariavelmente de uma apreciação técnica por parte da equipa projetista de forma a realizar um correto enquadramento com a legislação e as exigências ambientais de cada local.

5.15.4. Eficiência Energética no Transporte Particular

Apesar deste projeto se centrar nos aspetos construtivos de um elementos modular sustentável, importa referir as políticas que têm surgido para estimular a aquisição de veículos e equipamentos energeticamente eficientes, através de campanhas de abate, troca de pneus, tributação verde, ou colocação de equipamentos que permitam melhores níveis de consumo.

Existem ainda programas de mobilidade urbana que visam estimular a utilização de meios de transporte energeticamente mais eficientes, como os transportes coletivos em detrimento dos particulares. Particular destaque para a rede desenvolvida a este nível pela Rede Nacional de Mobilidade Elétrica (Mobi-e), quer ao nível dos postos de abastecimento pelo país, quer pelo sistema de pagamento e tipo de carregamento. (ADENE, 2010).

Dessa forma será de considerar numa fase posterior, que este projeto contemple um sistema de alimentação para veículos elétricos, já que é uma das formas de aumentar a utilização de energias renováveis e reduzir drasticamente a emissão de CO₂.

6. RESULTADOS

6.1. Análise dimensional e material

A conceção deste módulo produziu um elemento construtivo de configuração retangular com dimensões exteriores de aproximadamente 6,47x3,47x3,00 m e interior de aproximadamente 6,00x3,00x2,44 m. O módulo base é constituído por diversos elementos modulares mais simples, elementos esses de paredes e lajes que estão formulados para permitir a correta conjugação com sistema de fixação mecânica,

Figura 6.1.

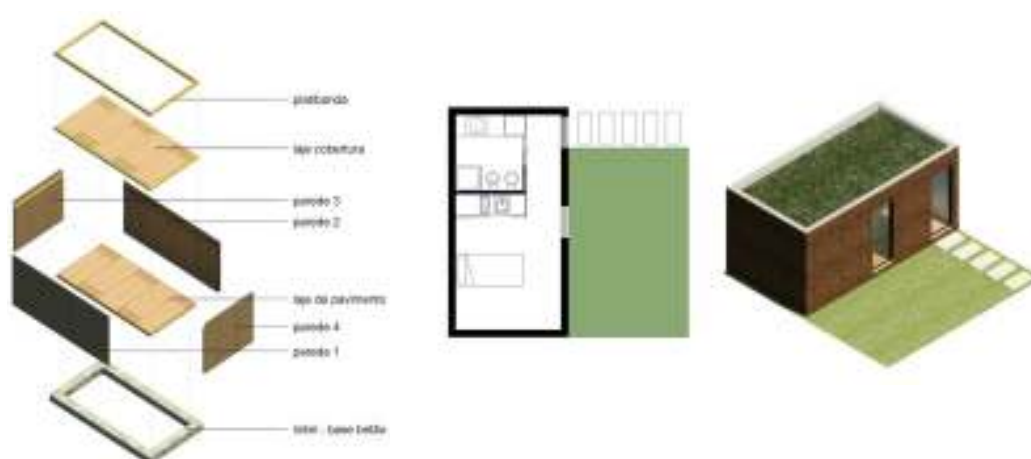


Figura 6.1 – Módulo “Estúdio” e sistema de conjugação dos vários elementos modulares.

A sua formulação estrutural, permite criar múltiplas soluções de ligação entre os módulos, através da remoção dos prumos verticais da parede constituídos em madeira lamelada e dos respetivos painéis de OSB3. Desta forma ficam estandardizadas como zonas de ligação os seguintes vãos:

- 77x230 cm;
- 90x230 cm;
- 112x230 cm.

A configuração dimensional do módulo apresenta desperdícios reduzidos dos materiais estruturais, isolamentos e revestimentos, conforme a Figura 6.2, que reúne os consumos de materiais para a construção do módulo “Estúdio”.

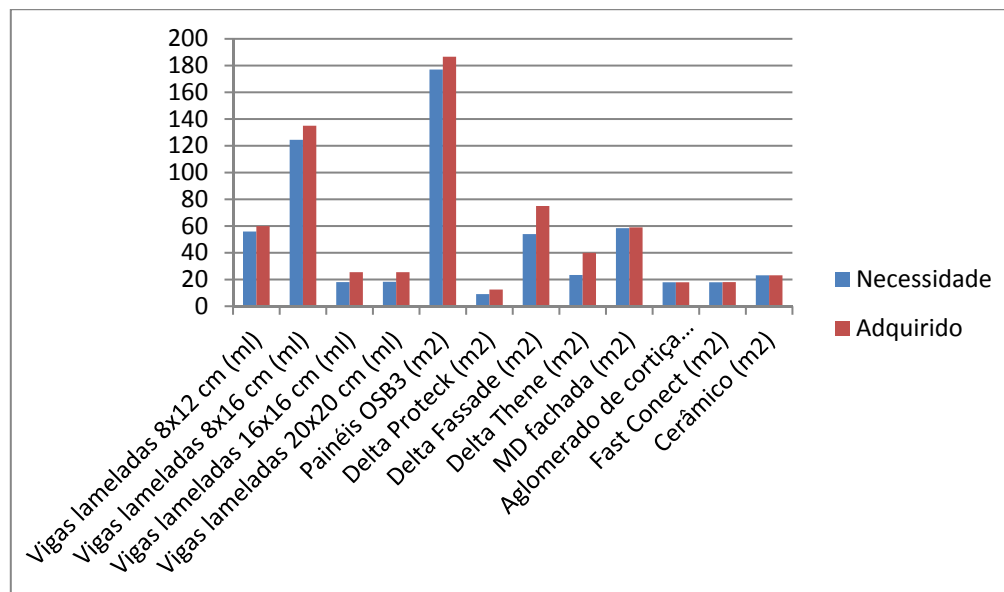


Figura 6.2 – Diferencial entre os materiais adquiridos e necessários na construção do módulo “Estúdio”.

Para além do grande aproveitamento dos materiais incorporados, estes foram selecionados devido a um conjunto alargado de parâmetros, nomeadamente a certificação ambiental, tipo de constituição ou processo de fabrico que promove a redução do impacto ambiental, bem como a sua durabilidade, nível de eficiência e custo. Todos os materiais incorporados são produzidos ou comercializados por empresas nacionais cujas parcerias já foram mencionadas.

6.2. Análise de custos

Dado que este estudo aborda 4 soluções possíveis como sendo o módulo “Posto de Vendas”, “Estúdio” e módulo “T1” e “T2”, foi realizada uma análise de quantidades de materiais e custos associados para a construção de um módulo base, que é comum a todos os anteriores casos de estudo, Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Custo previsto para a realização de um módulo base (sem equipamentos).

MÓDULO BASE					
N.º	Descrição Tarefa/Material	Qtd.	Un.	Custo Unitário	Custo Total
1 FUNDAÇÕES					
1.1	Betão Uniflex	7,32	m³	150,00 €	1.098,60 €
1.2	Cobragem e dobragem de ferro	12,04	m²	20,00 €	240,72 €
1.3	Varão de aço roscado	149,00	kg	0,70 €	104,30 €
2 ESTRUTURA DE MADEIRA					
2.1	Vigas lameladas coladas	3,47	m³	460,00 €	1.596,20 €
2.2	Posteiras OS&S	170,46	m²	8,86 €	1.505,61 €
2.3	Ripas em pinho tratado	80,00	m²	1,50 €	120,00 €
2.4	Mão-de-obra - Montagem	1,00	kg	2.100,00 €	2.100,00 €
3 IMPERMEABILIZAÇÕES					
3.1	Delta Protec	9,34	m²	4,41 €	41,31 €
3.2	Delta Thene	23,40	m²	6,00 €	140,40 €
3.3	Delta Fossede Plus	54,00	m²	3,50 €	189,00 €
3.4	Mão-de-obra - Montagem	88,54	m²	5,00 €	442,70 €
4 ISOLAMENTOS					
4.1	MD Fachada	54,00	m²	36,00 €	1.944,00 €
4.2	Isolflor	70,00	m²	30,00 €	2.100,00 €
4.3	Aglomerado de cortiça expandida	18,00	m²	8,00 €	144,00 €
4.4	Mão-de-obra - Montagem	72,00	m²	5,00 €	360,00 €
5 COBERTURA					
5.1	Cobertura ajardinada	18,00	m²	80,56 €	1.450,00 €
5.2	Rufos em zinco	19,00	m²	22,00 €	418,00 €
6 CAIXILHARIA E SOMBREAMENTO					
6.1	Vão oscilobatente em fibra de vidro	2,00	un	1.500,00 €	3.000,00 €
6.2	Grelha de ventilação natural	2,00	un	51,00 €	102,00 €
6.3	Sistema de sombreamento Clima	2,00	un	1.500,00 €	3.000,00 €
7 REVESTIMENTOS PAREDES INTERIORES					
7.1	Cerâmico Urban 20x20	20,64	m²	14,90 €	307,54 €
7.2	Papel de parede	58,00	m²	15,50 €	899,00 €
8 REVESTIMENTOS PAVIMENTOS INTERIORES					
8.1	Cerâmico Urban 20x20	5,68	m²	14,90 €	84,63 €
8.2	Fast-Connect	14,00	m²	27,00 €	378,00 €
9 CARPINTARIA					
9.1	Vão de porta interior	1,00	un	400,00 €	400,00 €
9.2	Rodapé saliente	13,00	m²	19,00 €	247,00 €
				TOTAL	14.136,16 €

A incorporação e o custo dos equipamentos, varia conforme o caso de estudo, já que alguns destes sistemas dependem das áreas de utilização, número de utilizadores, etc. Ao analisarmos a solução de módulo “Posto de Vendas”, que contempla uma instalação sanitária e uma área coberta de 18 m², os sistemas e equipamentos utilizados são os mencionados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Custo dos equipamentos no módulo “Posto de Vendas”.

MÓDULO POSTO DE VENDA					
N.º	Descrição Tarefa/Material	Qtd.	Un.	Custo Unitário	Custo Total
1 CLIMATIZAÇÃO					
1.1	Salamandra Back Box	1,00	un	1.330,00 €	1.330,00 €
2 ELETRICIDADE					
2.1	Realização de instalação elétrica	1,00	vg	2.000,00 €	2.000,00 €
3 REDES HIDRÁULICAS					
3.1	Rede de Abastecimento de água fria	1,00	vg	485,00 €	485,00 €
3.2	Rede de águas residuais				
4 SISTEMA MICROPRODUTOR					
4.1	Sistema fotovoltaico para venda à rede	1,00	vg	7.500,00 €	7.500,00 €
5 LOUÇAS SANITÁRIAS					
5.1	Sanita	1,00	un	132,00 €	132,00 €
5.2	Lavatório	1,00	un	88,80 €	88,80 €
5.3	Misturadora	1,00	un	64,00 €	64,00 €
5.4	Barra de apoio	1,00	un	60,00 €	60,00 €
5.5	Montagem	1,00	vg	100,00 €	100,00 €
				TOTAL	11.759,80 €

Desta forma a solução acima mencionada, apresenta um custo aproximado de 33.880, 00€, que resulta do valor dos equipamentos com o custo respetivo de um

módulo base. Este valor não contempla mobiliário interior, arranjos exteriores e luminárias.

O módulo “Estúdio”, prevê um conjunto mais alargado de equipamentos, nomeadamente ao nível da produção de AQS e louças sanitárias, que se refletem no custo final da solução, Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Custo dos equipamentos no módulo “Estúdio”.

MÓDULO ESTÚDIO					
N.º	Descrição Tarefa/Material	Qtd.	Un.	Custo Unitário	Custo Total
1	CLIMATIZAÇÃO				
1.1	Salamandra Back Box	1,00	un	1.330,00 €	1.330,00 €
2	ELETRICIDADE				
2.1	Realização de instalação elétrica	1,00	vg	2.000,00 €	2.000,00 €
3	REDES HIDRÁULICAS				
3.1	Rede de Abastecimento de água fria e quente				
3.2	Rede de águas residuais	1,00	vg	2.445,00 €	2.445,00 €
3.3	Sistema de AQS				
4	SISTEMA MICROPRODUTOR				
4.1	Sistema fotovoltaico para venda à rede	1,00	vg	7.500,00 €	7.500,00 €
5	LOUÇAS SANITÁRIAS				
5.1	Sanita	1,00	un	132,00 €	132,00 €
5.2	Bióe	1,00	un	55,20 €	55,20 €
5.3	Lavatório	1,00	un	88,80 €	88,80 €
5.4	Misturadora	2,00	un	64,00 €	128,00 €
5.5	Misturadora duche	1,00	un	104,00 €	104,00 €
5.6	Base de duche	1,00	un	107,20 €	107,20 €
5.7	Divisória base de duche	1,00	un	344,00 €	344,00 €
5.8	Montagem	1,00	vg	150,00 €	150,00 €
				TOTAL	14.204,00 €

Esta solução à semelhança do módulo “Posto de Vendas” é apenas constituída por um módulo base, ao qual acrescem os valores referentes aos equipamentos. Esta solução com um valor aproximado de 36.500,00 €, não contempla mobiliário interior, luminárias, arranjos exteriores, cozinha e respetivos equipamentos hoteleiros.

O módulo “T1”, constituído por dois módulos base, apresenta os mesmos equipamentos da solução anteriormente mencionado, contemplando ainda um sistema de recolha e reaproveitamento de águas pluviais e cinzentas para utilização em rega e autoclismo, Tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Custo dos equipamentos no módulo “T1”.

MÓDULO T1					
N.º	Descrição Tarefa/Material	Qtd.	Un.	Custo Unitário	Custo Total
1	CLIMATIZAÇÃO				
1.1	Salamandra Back Box	1,00	un	1.330,00 €	1.330,00 €
2	ELETRICIDADE				
2.1	Realização de Instalação elétrica	1,00	vg	2.700,00 €	2.700,00 €
3	REDES HIDRÁULICAS				
3.1	Rede de Abastecimento de água fria e quente				
3.2	Rede de águas residuais	1,00	vg	2.645,00 €	2.645,00 €
3.3	Sistema de AQS				
4	SISTEMA MICROPRODUTOR				
4.1	Sistema fotovoltaico para venda à rede	1,00	vg	7.500,00 €	7.500,00 €
5	LOUÇAS SANITÁRIAS				
5.1	Sanita	1,00	un	132,00 €	132,00 €
5.2	Bidê	1,00	un	55,20 €	55,20 €
5.3	Lavatório	1,00	un	88,80 €	88,80 €
5.4	Misturadora	2,00	un	64,00 €	128,00 €
5.5	Misturadora duche	1,00	un	104,00 €	104,00 €
5.6	Banheira	1,00	un	220,80 €	220,80 €
5.7	Divisória banheira	1,00	un	136,00 €	136,00 €
5.8	Montagem	1,00	vg	150,00 €	150,00 €
6	APROVEITAMENTO DE ÁGUA				
6.1	Coletor de água cinzenta e pluvial	1,00	vg	2.900,00 €	2.900,00 €
				TOTAL:	14.085,00 €

O valor desta solução é aproximadamente de 62.350,00 €, prevendo dois módulos base e os equipamentos acima mencionados. Este valor não prevê mobiliário interior, luminárias, arranjos exteriores, cozinha e respetivos equipamentos hoteleiros.

O módulo “T2” é constituído por quatro módulos base, apresentando os mesmos equipamentos da solução “T1”, contemplando no entanto o custo acrescido para a instalação elétrica e hidráulica e ainda o aumento de capacidade do sistema de AQS, Tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Custo dos equipamentos no módulo “T2”.

MÓDULO T2					
N.º	Descrição Tarefa/Material	Qtd.	Un.	Custo Unitário	Custo Total
1	CLIMATIZAÇÃO				
1.1	Salamandra Back Box	1,00	un	1.330,00 €	1.330,00 €
2	ELETRICIDADE				
2.1	Realização de Instalação elétrica	1,00	vg	3.100,00 €	3.100,00 €
3	REDES HIDRÁULICAS				
3.1	Rede de Abastecimento de água fria e quente				
3.2	Rede de águas residuais	1,00	vg	4.085,00 €	4.085,00 €
3.3	Sistema de AQS				
4	SISTEMA MICROPRODUTOR				
4.1	Sistema fotovoltaico para venda à rede	1,00	vg	7.500,00 €	7.500,00 €
5	LOUÇAS SANITÁRIAS				
5.1	Sanita	2,00	un	132,00 €	264,00 €
5.2	Bidê	2,00	un	55,20 €	110,40 €
5.3	Lavatório	2,00	un	88,80 €	177,60 €
5.4	Misturadora	4,00	un	64,00 €	256,00 €
5.5	Misturadora duche	2,00	un	104,00 €	208,00 €
5.6	Banheira	2,00	un	220,80 €	441,60 €
5.7	Divisória banheira	2,00	un	136,00 €	272,00 €
5.8	Montagem	1,00	vg	300,00 €	300,00 €
6	APROVEITAMENTO DE ÁGUA				
6.1	Coletor de água cinzenta e pluvial	1,00	vg	2.900,00 €	2.900,00 €
				TOTAL:	20.344,00 €

O valor desta solução é de aproximadamente 109.450,00 €, prevendo quatro módulos base e os equipamentos acima mencionados. Este valor não prevê mobiliário interior, luminárias, arranjos exteriores, cozinha e respetivos equipamentos hoteleiros.

6.3. Desempenho Energético

Foi realizado um estudo no software CYPE, para verificação do cumprimento das exigências do RCCTE e determinação da classe de eficiência energética de acordo com as características técnicas do módulo desenvolvido. Este estudo segue no Anexo 13 para uma consulta mais detalhada.

Importa salientar que o estudo foi desenvolvido para a solução módulo “Estúdio” com localização em Viana do Castelo. Na caracterização das paredes de fachada e das lajes de pavimento e cobertura, foi tido em atenção as zonas maciças da estrutura, que apresentam um comportamento térmico diferente face às zonas onde existe caixa-de-ar preenchida com isolamento térmico, Figura 6.3.

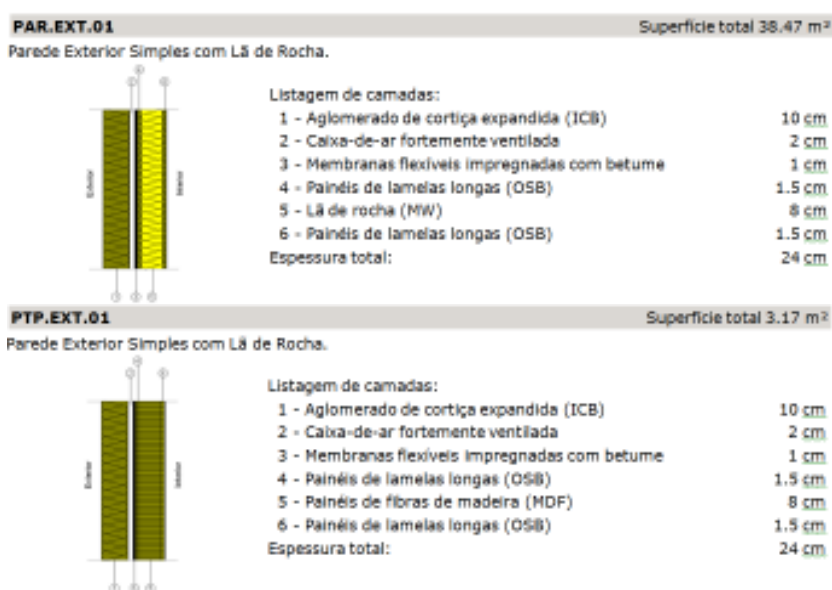


Figura 6.3 – Caracterização da parte opaca das fachadas no programa CYPE (Fonte: Cypeterm).

Este estudo comprovou que as opções técnicas adotadas no desenvolvimento do módulo permitem o cumprimento das exigências do RCCTE. Ao nível da classificação energética obteve-se o nível A+, Figura 6.4, sendo as emissões anuais de gases de efeito estufa associadas à energia primária para climatização e águas quentes de 0.0311 toneladas de CO2 equivalentes por ano.

2.7.- Classificação energética

R = 0,08



Nota: A classificação energética de edifícios de habitação (com e sem sistemas de climatização) e pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização ou com sistemas de climatização inferior a 25 kW de potência instalada, é calculada a partir da expressão $R = \frac{N_{t,c}}{N_e}$, em que " $N_{t,c}$ " representa as necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes e o " N_e " o valor limite destas. Na tabela seguinte apresenta-se a escala utilizada na classificação energética deste tipo de edifícios.

Figura 6.4 – Classificação energética do módulo “Estúdio”
(Fonte: Cypeterm).

De referir no entanto, que devido à simplicidade construtiva adotada na constituição dos elementos de parede e lajes, com recurso a vigas lameladas coladas e painéis OSB3, a classe de inércia é fraca.

7. DISCUSSÃO

Depois de elaborado o projeto do módulo base, bem como analisados quatro casos de estudo possíveis, importa realizar uma análise aos resultados obtidos.

A dimensão do módulo tipo, teve como objetivo a utilização de medidas *standard*, de forma a reduzir o erro de conceção, bem como permitir o transporte até ao local da implantação. A própria divisão do módulo base em outros elementos modulares mais simples, procura a rapidez da montagem e a sua manobrabilidade. Desta forma, um módulo base é constituído por 4 elementos de parede e dois elementos de laje, sendo que o módulo “Posto de Vendas” e “Estúdio” apenas são constituídos por um módulo. O módulo “T1” e “T2” compreendem 2 e 4 módulos base respetivamente. Estas opções vão de encontro aos conceitos da construção modular, permitindo a redução do tempo de execução e os custos associados.

As áreas interiores estão de acordo com as exigências legais, procurando ao mesmo tempo reduzir os desperdícios dos materiais de revestimento, isolamento e impermeabilização. A própria formulação estrutural do módulo está de acordo com esse objetivo, sendo que todos os materiais sobrantes poderão ser reaproveitados ou reciclados na sua totalidade.

A formulação dimensional do módulo permite ainda obter reduzidas quantidades de material desperdiçado. As suas características técnicas, que procuram reduzir o impacto ambiental, tornam possível que grande parte destes materiais seja reciclada, ou reaproveitada numa situação de montagem em série destes módulos.

Relativamente à análise de custos, os valores variam conforme o caso de estudo, uma vez que algumas das soluções em análise não justificam o investimento e a incorporação de sistemas que estão diretamente ligados com as áreas de cobertura, consumos de AQS e número de utilizadores. A solução de módulo “Estúdio” compreende apenas um painel solar com um termossifão de 200 l e um termoacumulador elétrico de 80 l, enquanto que a solução de módulo “T2”, já reúne dois painéis solares com termossifão de 300l e de um termoacumulador de 100l. Por

sua vez, esta última solução contempla um sistema de recolha, tratamento e reaproveitamento das águas pluviais e cinzentas, contrariamente à solução de módulo “Estúdio” cujos consumos não justificam o investimento. Ao mesmo tempo importa referir que os valores variam conforme o número de módulos acoplados. Desta forma a solução de módulo “T2” apresenta um acréscimo de custo de aproximadamente 72.950,00€ face à solução de módulo “Estúdio” e de 47.100,00€ face à solução módulo “T1”. O módulo “Posto de Vendas” não é comparado com as soluções anteriores, uma vez que a sua funcionalidade não é para habitação mas para serviços. Nesse sentido a sua utilização não compreende a necessidade de equipamentos de AQS ou de reaproveitamento de água, já que os consumos são inexistentes ou muito reduzidos.

Em todas as soluções em análise foi incorporado um recuperador de eficiência 1 para aquecimento com biomassa, bem como um sistema de produção de energia elétrica para venda à rede, com recurso a painéis fotovoltaicos. Ao mesmo tempo potenciou-se a ventilação natural e a utilização de isolamentos naturais que resultaram na classe de eficiência A+. De salientar que devido à solução construtiva adotada nas paredes e lajes, a classe de inércia é fraca, já que segundo o RCCTE, apenas são considerados para a inércia os elementos construtivos existentes após o isolamento térmico da caixa-de-ar, o que neste caso compreende apenas placas de OSB3 e papel de parede. Importa no entanto referir que apesar deste parâmetro o edifício cumpre em todas as exigências legais.

8. CONCLUSÃO

8.1. Principais conclusões

A elaboração deste projeto permitiu aprofundar os conhecimentos relativos aos conceitos da construção modular e da construção sustentável. A criação de parcerias com empresas nacionais facultou um conjunto alargado de documentação e de orientações técnicas que foram preciosas nas opções tomadas na formulação do projeto tipo. O trabalho de investigação e formulação resultaram na criação de um módulo construtivo cuja conceção estrutural permite a acoplação de módulos mediante as necessidades de utilização.

O trabalho alargado de pesquisa de materiais amigos do ambiente, comercializados na sua maioria por empresas nacionais, permitiu aprofundar os conhecimentos técnicos ao nível dos materiais de construção, bem como os seus condicionalismos técnicos e procedimentos de montagem. Nesta pesquisa foram realizados diversos estudos comparativos com soluções já existentes no mercado, de forma a determinar o material que melhor se adaptava à filosofia do projeto, conciliando a competitividade económica, durabilidade, facilidade de montagem, eficiência e destino a dar ao mesmo no final da vida útil do projeto.

Nesse sentido, nas questões de estabilidade do módulo foram utilizadas vigas lameladas com certificação PEFC, matematicamente distribuídas para a placagem com painéis OSB3 com certificação FSC. A manufatura destes materiais consome menos energia e recursos do que as soluções mais usuais, como o betão e a perfilaria metálica. Ao nível da fundação, foi incorporado a utilização de um betão leve estrutural, devido à redução no consumo energético aquando da sua produção, facilidade de manuseamento e transporte, reforçado pela utilização de painéis de cofragem reutilizáveis e polivalentes de forma a diminuir o tempo despendido na fase de cofragem de elementos de fundação, reduzindo os custos de mão-de-obra.

Relativamente à impermeabilização do módulo, a escolha recaiu sobre a utilização de membranas elastoméricas de alta densidade de polietileno nas paredes, promovendo

a difusão ao vapor e de uma membrana de PEAD laminado com membrana adesiva de betume na cobertura e na separação física entre a fundação e o módulo. A sua facilidade de aplicação, consumo de energia reduzido na sua produção, reduzido peso próprio, versatilidade do sistema, mas principalmente a incorporação de materiais reciclados, contrasta com as soluções correntes de mercado como as telas asfálticas e de PVC. Os isolamentos térmicos/acústicos seguiram o mesmo princípio. A escolha recaiu sobre o ISOFLOC na caixa-de-ar das paredes, já que este é um produto que incorpora na sua maior parte materiais reciclados, apresentando características técnicas muito superiores às soluções de mercado, permitindo o seu aproveitamento no final da vida útil do projeto. O aglomerado de cortiça foi outra das opções, produto nacional e natural, esteticamente agradável e com excelentes características de isolamento. Ambos os materiais durante a sua produção consomem menos energia que as soluções de lã-de-rocha, poliestireno extrudido, etc., permitindo a sua reciclagem ou reaproveitamento com um período de vida útil muito interessante.

Ao nível da caixilharia foram analisadas as soluções convencionais de mercado (alumínio, PVC e madeira), mas o seu consumo energético, custo, manutenção ou dificuldade na sua reutilização/reciclagem tornaram estas soluções pouco apetecíveis. A escolha recaiu sobre perfis em fibra de vidro, com um tempo de vida útil estimado de 100 anos, facilidade na sua reutilização ou reciclagem, consumo energético reduzido e excelentes características técnicas tornaram esta a solução ideal para o projeto. A opção de sistema oscilo-batente com reforço de grelhas de ventilação, surge na necessidade de promover a ventilação natural, colocando de parte sistemas mecânicos. Ao nível do vidro optou-se por uma solução convencional, de forma permitir os ganhos solares de inverno, sendo que a exposição solar de Verão será controlado por um sistema de sombreamento dinâmico de pala, permitindo o máximo aproveitamento da luz natural.

A escolha de uma cobertura ajardinada, surge de forma a reduzir o impacto visual, mas também de forma a promover a produção de oxigénio e melhoria da inércia desse elemento, já que grande parte do calor se perde pela laje de cobertura.

Os revestimentos interiores de parede foram escolhidos pela sua simplicidade, custo competitivo, para além de terem uma produção controlada que reduz o impacto ambiental, o consumo energético na produção e transporte. Para a aplicação do

cerâmico de parede e pavimento foram escolhidos cimentos cola inovadores que incorporam na sua constituição materiais reciclados e cuja empresa comercializadora apresenta uma política ambiental muito inovadora. Nas zonas onde a produção de humidade é reduzida optou-se por um material de fácil aplicação, autoadesivo, da Corticeira Amorim, que incorpora materiais naturais na sua constituição. Estas escolhas procuram reduzir a necessidade de utilização de tintas plásticas, cujo impacto ambiental é bastante significativo.

Relativamente aos sistemas de alimentação elétrica e de abastecimento de água, bem como ao nível das águas residuais, foram escolhidos materiais nacionais, com custos competitivos em sistemas simples de passagem e ligação com recurso a um rodapé técnico saliente. De forma a reduzir os consumos de água, a opção recaiu em louças sanitárias/misturadoras eficientes de uma empresa nacional, reforçado por um sistema que faz o reaproveitamento das águas pluviais e cinzentas. O consumo energético é atenuado através da incorporação de equipamentos eficientes na produção de AQS e de energia com recurso a fontes renováveis, que potenciam o carácter sustentável do projeto e os níveis de eficiência globais. A aposta na ventilação natural e a escolha de sistemas de isolamento orgânicos de grande qualidade, conciliados com um equipamento de aquecimento de biomassa, permitem que este projeto adquira uma classe energética de A+.

O conceito construtivo promove a facilidade e rapidez na execução, reduzindo os desperdícios de materiais que são na sua maioria amigos do ambiente, permitindo a sua reciclagem ou reutilização no final do ciclo de vida do projeto. Essa quantidade reduzida de desperdício foi determinada através de tabelas de cálculo que evidenciam o material necessário e o adquirido comercialmente, realizando um estudo sobre os materiais que ainda podem ser novamente reaproveitados noutra módulo a construir.

Os custos inerentes às soluções técnicas e aos casos de estudo, apresentam valores competitivos e que podem ter grande aceitação no mercado imobiliário. A conjugação do conceito modular, que promove a rapidez construtiva através da standardização de processos, reduzindo o erro e os desperdícios dos materiais, conseguem absorver os custos acrescidos para a incorporação de equipamentos que são necessários para classificar este projeto como construção sustentável. O equilíbrio de custos criado pela junção dos dois conceitos construtivos permite tornar

este estudo académico num projeto concebível e passível de investimento, quer para habitação unifamiliar, mas também para edifícios de apoio, comércio ou investigação em praias, florestas ou outras zonas protegidas.

O trabalho desenvolvido permite ainda perceber que o mercado nacional apresenta soluções técnicas e políticas ambientais de vanguarda, criando as condições necessárias para tornar este conceito construtivo uma prática corrente e num nicho de mercado focalizado na proteção do ambiente e na aposta na eficiência. A opção de elementos construtivos simples mas com materiais de grande qualidade, resultaram num projeto que cumpre as exigências do RCCTE, permitindo classes de eficiência elevadas. A aplicação do paradigma da construção sustentável conciliado com a construção modular conduz à adoção de uma diversidade de novas soluções no sector dos edifícios tornando-os energeticamente eficientes, sem descuidar o bem-estar e conforto dos utilizadores. Os custos alcançados na aquisição deste projeto, bem como a antevisão de valores controlados ao nível da utilização e manutenção garantem que o trabalho desenvolvido foi de encontro aos objetivos propostos.

8.2. Desenvolvimentos futuros

Dando continuidade aos temas discutidos ao longo desta dissertação, podem-se definir algumas áreas passíveis de desenvolvimento em futuros trabalhos de investigação.

Tendo por base o estudo realizado, seria importante proceder a uma análise mais abrangente das necessidades energéticas, onde se contabilizem todos os consumos de um determinado módulo tipo. Esta análise pode ainda abranger um estudo do nível de eficiência dos equipamentos colocados, a sua rentabilidade e poupança associada num determinado período de tempo. Um outro estudo pode ser uma análise do ciclo de vida do projeto, bem como os custos associados à manutenção do mesmo.

Relativamente à conceção estrutural do módulo base, uma das áreas de desenvolvimento poderá ser o estudo para a acoplação de módulos em altura, ou em caso de se manter a solução de apenas um piso, verificar a possibilidade de aligeiramento estrutural, reduzindo o consumo de vigas lameladas coladas. Pode

ainda ser aprofundado o estudo para criação de vãos mais amplos de ligação entre módulos, ou fomentar mais zonas de ligação e passagem *standard*.

Por outro lado, a análise de custo efetuada poderá vir a ser mais desenvolvida, sendo importante avaliar a influência dos materiais aplicados, tendo em conta todo o seu ciclo de vida, bem como desenvolver e analisar outras soluções ativas e passivas de melhoria da eficiência energética e da capacidade de autossuficiência do edifício. Um outro estudo poderá ser relativo às medidas que possam reduzir ainda mais os desperdícios dos materiais, ou na criação de medidas ou rotas de resíduos para reaproveitamento ou valorização.

Um aspeto que pode ser alvo de desenvolvimento futuro poderá ser a construção de um projeto piloto, que possa ser utilizado por alunos e docentes como blocos de apoio à investigação ou desenvolvimento de outros projetos. Existe ainda a possibilidade de incorporação deste projeto piloto em zonas protegidas, como unidades de interpretação e apoio à proteção ambiental, de forma a analisar a durabilidade e o comportamento da solução em contato e envolvência com o meio ambiente.

9. REFERÊNCIAS

9.1. Bibliografia

ADENE – Guia da Eficiência Energética, 2010.

AMADO, M. P., “Construção Sustentável (Eco-Construção)”, Texto de apoio da Pós-graduação em Território, Desenvolvimento Sustentável e Agenda Local 21, Lisboa: FCT/UNL, 2007.

AMADO, M. P., “Planeamento Urbano Sustentável (Eco-Urbanismo)”, Texto de apoio da Pós-graduação em Território, Desenvolvimento Sustentável e Agenda Local 21, Lisboa: FCT/UNL, 2007.

ANDRADE, A. P. M. M., “Optimização da Gestão de Resíduos de construção e demolição em obras de grande dimensão”, Porto: Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa, 2011. Dissertação de Mestrado.

Banco de Portugal - “Análise do Setor da Construção” – Estudos da Central de Balanços, 2014.

BAPTISTA, F. P., “Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria”. Lisboa: Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa, 2011. Dissertação de Mestrado.

CARDOSO, C. F. M., “A Interligação Elétrica entre Portugal e Espanha”. Lisboa: Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa, 2011. Dissertação de Mestrado.

CASTELO, J. L. D. C. - Desenvolvimento de modelo conceptual de sistema construtivo industrializado leve destinado a realização de edifícios metálicos, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008. Dissertação de Mestrado.

CASTRO, A. R. V., “Um Modelo para a Certificação de Qualidade de Projectos de Instalações Hidráulicas Prediais”. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2008. Dissertação de Mestrado.

CHAVES, F., “Inovação na Indústria da Caixilharia”, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004. Trabalho de Mestrado em Design Industrial.

CHAVES, F., “Instalações de Climatização e Refrigeração” – 1.^a Parte. Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, Ano letivo 2009/2010.

CMMD. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso Futuro Comum. 2. ed. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1991.

Comissão de Ambiente da APED – “Guia de boas práticas ambientais” – 1.^a Edição. Lisboa, 2010.

COSME, J., “As Preocupações Higio-Sanitárias em Portugal (2.^a metade do século XIX e princípio do XX) – Revista Faculdade de Letras – História – III Série, vol. 7 – Porto, 2006.

COUTINHO, J. S., “Materiais em Engenharia Civil” – Ciências de Materiais 1.^a Parte – Documento Provisório, 2002.

COUTINHO, J. S., “Materiais em Engenharia Civil”, Ciências de Materiais – 1.^a Parte, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002.

DOLAN, D.F. “The British Construction Industry”, London: Macmillan Press, 1979.

FERNANDES, A. P. S. – Habitação (colectiva) Modular Pré-Fabricada: Considerações, origens e desenvolvimento, Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, 2009. Dissertação de Mestrado.

FERREIRA, A. R. P. C., “Soluções Técnicas para Isolamento Sonoro de Edifícios de Habitação”. Lisboa: Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa, 2007. Dissertação de Mestrado.

FERREIRA, B. L. A - Construção de Edifícios Sustentáveis Contribuição para a definição de um Processo Operativo, Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2010. Dissertação de Mestrado.

FERREIRA, J., Guião da Disciplina de Tecnologia da Construção, Licenciatura em Arquitetura, Lisboa: Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa, 2010.

FERREIRA, S. M. M. C., “Uso eficiente da água em instalações colectivas e similares – Contributo para a caracterização do uso e aumento da eficiência”. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2009. Dissertação de Mestrado.

FILHO, I. C. S. – A Coordenação modular como uma ferramenta no processo projetual, Brasil: Universidade Luterana do Brasil Rio Grande do Sul, 2007. Dissertação de Mestrado.

FREITAS, R. F. S. A., “Metodologia dos Processos de Fiscalização – Redes Públicas Hidráulicas”. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009. Dissertação de Mestrado.

GANHÃO, A. M. G. D., “Construção Sustentável – Propostas de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação”. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, 2011. Dissertação de Mestrado.

GIL, C. – INCI – Relatório do Sector da Construção em Portugal, Lisboa, 2011.

GOMES, I. N., “Isolamentos Térmicos e Revestimentos de Pavimento – Classificação do seu Grau de Procura de Sustentabilidade”. Lisboa: Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa, 2012. Dissertação de Mestrado.

GONÇALVES M., GRANDÃO, L. J., BRITO, J., LOPES, M. G., “Características das Membranas de Impermeabilização de Coberturas em Terraço” Universidade do Minho Publicação n.º 22, 2005.

HENEINE, M. C. A. S., “Cobertura Verde”, Brasil: Escola de Engenharia da UFMG, 2008.

IA - Instituto do Ambiente – “O Futuro do nosso Clima: o Homem e a Atmosfera - Guião Explicativo - Instituto do ambiente”, 2005.

INE – Estatísticas Demográficas 2009, 2010.

LABRINCHA, J., “Sub Projecto de Isolamento Térmico 1º Relatório de Progresso”. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2006.

LAURIA, A. – Sustentabilidade na Construção, Verlag Dashofer, Lisboa, 2007.

LAWSON, M. - Technical: Building using modules, New Steel Construction. New Steel Construction, 2007.

LOPES, M. A. C., “Tipificação de soluções de reabilitação de estruturas de madeira em coberturas de edifícios antigos” Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007. Dissertação de Mestrado.

LOPES, N. V. R., “Reabilitação de Caixilharias de Madeira em Edifícios do Século XIX e Início do Século XX” Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006. Dissertação de Mestrado.

MÁLIA, M. A. B., “Indicadores de resíduos de construção e demolição”, Lisboa: Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa, 2010. Dissertação de Mestrado.

MARQUES, L. E. M. M., “O papel da madeira na sustentabilidade da construção”, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008. Dissertação de Mestrado.

MATEUS, S. V. N – “Construção Sustentável - Materiais eco-eficientes para a melhoria do desempenho de edifícios”. Lisboa: FCT/UNL, 2012. Dissertação de Mestrado.

MENDES, P. F. S., “Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a Eficiência Energética – Recomendações de Projeto”. Porto: Universidade Fernando Pessoa, 2012. Dissertação de Mestrado.

MIRANDA, M. A. C., “Sistemas de Certificação na Eficiência Hídrica” – XIX Congresso da Ordem dos Engenheiros – Sociedade, Território e Ambiente – A Intervenção do Engenheiro. Lisboa: Centro Cultural de Belém, 2012.

NETO, N. A. S., “Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos”. Santa Maria, RS, Brasil: Universidade federal de Santa Maria, 2006. Dissertação de Mestrado.

OLIVEIRA, F. T. A., “Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação da viabilidade”. Lisboa: Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa, 2008. Dissertação de Mestrado.

OLIVEIRA, N F M., “Teoria e Prática de Técnicas de Construção e Conservação de Coberturas do séc. XVIII: Evolução histórica, tratadística do séc. XVIII, diagnóstico de anomalias e restauro estrutural”, Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2009. Dissertação de Mestrado.

PALHA, P., Coberturas ajardinadas: uma solução para as cidades? – Horticultura Ambiental – Revista da APH N.º 106, 2012.

PATINHA, S. M. P. A. – Construção Modular – Desenvolvimento da Ideia: Casa numa Caixa, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2011. Dissertação de Mestrado.

PERDIGÃO, R. C. C.” Impermeabilização de Construções Soluções Tecnológicas e Critérios de Selecção”, Lisboa: Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa, 2007. Dissertação de Mestrado.

PEREIRA L., JALALI S., AGUIAR B. “Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição”. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, 2004.

Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects: The 2012 Revision. New York: United Nations, 2013.

RAMOS, A. T. - “Prefab Perfection”, ESSENTIAL LISBOA, 2007.

REA – Relatório do Estado do Ambiente, 2012.

REIS, D. J. P. H., “Sistemas de impermeabilização de caves: aplicação a dois casos de estudo”, Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2010. Dissertação de Mestrado.

Relatório do Desenvolvimento Humano - “Por fim à crise no sector da água e do saneamento básico” – Capítulo 1 –, 2006.

ROSSO, T. - Teoria e prática da coordenação modular. São Paulo: FAUUSP, 1976.

SANTOS, A. D. S., “Avaliação de Sistemas Solares Térmicos de Produção de Água Quente Sanitária em Edifícios de Habitação Multifamiliar”. Lisboa: Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa, 2012. Dissertação de Mestrado.

SILVA, M. C. B., “Estruturas de Madeira”, Departamento de Artes e Arquitetura, PUC Goiás, Brasil, 2010.

SILVA, V. H. B., “Impacto dos Sistemas de Climatização no conforto Térmico em Edifícios”. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2011. Dissertação de Mestrado.

STUBLE, L., GODFREY, J., “How Sustainable is concrete?”, *International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology*, 2004

TIRONE, L.; NUNES, K., “Construção Sustentável – Soluções para uma Prosperidade Renovável” – 3.^a Edição, Tirone Nunes, SA, Sintra, 2010

TORGAL, F. P., JALALI, S. – “A Sustentabilidade dos Materiais de Construção”. TecMinho, 2010.

WACHEMAGEL, M. & REES W. - Our Ecological footprint – Reducting Human Impact on the Eart, New Catalyst Bioregional Series, (1996).

WEIGERT, C. – Habitação e Saúde – Enquadramento, Fichas Técnicas sobre Habitação e Saúde, DGS.

9.2. Documentos Eletrónicos

Agenda 21 Local – Município de Ourique, 2010.

[Consult. Junho, 2014]. Disponível em:

<http://www.agenda21-ourique.com/pt/go/desenvolvimento-sustentavel>

Aula 2: Revestimentos – Conceituação e Classificação – Prof. Ricardo Cruvinel

Dornelas. [Consult. Fevereiro, 2013]. Disponível em: www.engcivilcac.com

BREGATTO, Paulo Ricardo – Coordenação Modular – Parte 1. [Consult. Outubro,

2012]. Disponível em: <http://bregatto.blogspot.pt/2008/09/coordenao-modular-parte-i.html>

CAIXIAVE – “Análise do ciclo de vida das caixilharias: um estudo comparativo”.

[Consult. Janeiro, 2013]. Disponível em:

http://www.caixiave.pt/download/Analise_do_ciclo_de_vida_das_caixilharias.pdf

Capítulo XVIII – Revestimento de Pavimentos – [Consult. Fevereiro, 2013].

Disponível em:

http://lftc.civil.uminho.pt/Textos_files/construcoes/cp2/Cap.%20XVIII%20-%20Revestimentos%20de%20Pavimentos..pdf

Capítulo XVII – Revestimento de Paredes Interiores – [Consult. Fevereiro, 2013].

Disponível em:

http://lftc.civil.uminho.pt/Textos_files/construcoes/cp2/Cap.%20XVII%20-%20Revestimentos%20de%20paredes%20interiores.pdf

Catálogo Solzaima – Soluções de Biomassa, Inverno de 2013. [Consult. Abril, 2013].

Disponível em: http://www.solzaima.pt/pdfs/Solzaima_PT.pdf

Deleme Janelas – Guia térmico. [Consult. Janeiro, 2013]. Disponível em:

http://www.deleme.pt/admin/ficheiros/guia_termico.pdf

DIEGUES P., MARTINS V., “Água para consumo humano - Riscos e desafios no âmbito da saúde pública e sustentabilidade do ciclo da água” - Encontro Técnico – Água e Saúde – Direcção Geral de Saúde. Caparica, 2010. [Consult. Março, 2013].

Disponível em:

http://www.ipq.pt/Backfiles/apresentacoes_CS04/%C3%81gua%20para%20consumo%20humano_DGS.pdf

ECOÁGUA – “Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais – Uso eficiente da Água”, 2011. [Consult. Abril, 2013]. Disponível em:

http://www.ecocasa.org/userfiles/file/documentacao/seminario%202011/Vitor_Simoes_Ecoagua.pdf

FREZITE – “5 Passos para Marcação CE em Caixilharias”. [Consult. Janeiro, 2013].

Disponível em:

http://bs.frezite.pt/files/_Marcacao_CE_em_Caixilharia_4ac22fa85078b.pdf

Guia de Planificação – Sistemas ZinCo para coberturas ecológicas – Barcelona, 8/2012. [Consult. Janeiro, 2013]. Disponível em:

http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es/guias_tecnicas/guias/Sistemas_coberturas%20ecologicas.pdf

Isolamento térmico - Processos Gerais de Construção – Curso de especificação tecnológica – Instituto Politécnico de Tomar, Escola Superior de Tecnologia, 2006. [Consult. Fevereiro, 2013]. Disponível em:

http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/1136_Isolamentos%20T%C3%A9rmicos.pdf

Isolamento a Sons Aéreos – Instituto Politécnico de Tomar, Escola Superior de Tecnologia. [Consult. Fevereiro, 2013]. Disponível em:

http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/2959_isol_sonsaereos.pdf

Isolamento de Ruídos de Percussão – Instituto Politécnico de Tomar, Escola Superior de Tecnologia. [Consult. Fevereiro, 2013]. Disponível em:

http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/2959__SonsPercussao.pdf

Informação ao Utilizador – Instruções de montagem e Utilização, Cofragem modulada Doka Framax Xlife, 4/2007. [Consult. Abril, 2013]. Disponível em:

http://www.doka.com/_ext/downloads/downloadcenter/999764006_2007_04_online.pdf

LNEC- NESDE – 2005 – Departamento de Estruturas, Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas – Informações de Interesse Geral. [Consult. Outubro, 2012]. Disponível em:

http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol_tipol.html

Manual Técnico de Produtores Siderúrgicos – 7.^a Edição, 2007. [Consult. Abril, 2013].

Disponível em:

<http://www.fachagas.pt/cache/bin/XPQWfpAXX617UzkZMyMbs1ZKU.pdf>

Newsletter +ambiente11 – Suplemento 02 – 2010. [Consult. Outubro, 2012].

Disponível em: http://www.sonae.pt/fotos/editor2/suplemento2_news11.pdf

Oliveira & Irmão – Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais, 2012. [Consult. Abril, 2013]. Disponível em:

http://www.oliveirairmao.com/xFiles/scContentDeployer_pt/docs/Doc394.pdf

O Sector Elétrico – Infraestruturas – Eletricidade. Informação Portugal, 2008. [Consult. Abril, 2013]. Disponível em:

<http://www.portugalglobal.pt/PT/InvestirPortugal/PorquePortugal/Documents/O%20sector%20electrico.pdf>

SILVA B., SOUSA S. “Revestimento de pavimentos” – Materiais de Construção II – Universidade Fernando Pessoa, 2010. [Consult. Fevereiro, 2013]. Disponível em: http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Construcoes/Revestimentos%20de%20Pavimentos_PP_1.pdf

TOSTÕES, Ana – Construção moderna: as grandes mudanças do século XX - Tema 1: A evolução dos materiais, tecnologias de construção e urbanismo – Mestrado de Engenharia de Concepção – História Económica, Tecnologia e Sociedade, Edição de 2004, Universidade Técnica de Lisboa. - [Consult. Outubro, 2012]. Disponível em: http://in3.dem.ist.utl.pt/msc_04history/aula_5_b.pdf

PEREIRA C., PEREIRA F., FRANCO, J. “Impermeabilizações” Trabalho académico da disciplina de Materiais de Construção II – Universidade Fernando Pessoa, 2010. [Consult. Janeiro, 2013]. Disponível em: <http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Construcoes/Impermeabilizacoes.pdf>

Vantagens e desvantagens das coberturas ajardinadas – Engenharia e Construção. [Consult. Dezembro, 2012]. Disponível em: <http://www.engenhariaeconstrucao.com/2011/07/vantagens-e-desvantagens-das-coberturas.html>

2.º Relatório de Sustentabilidade – Actividade Económica, Ambiental e Social. [Consult. Dezembro, 2012]. Disponível em: http://www.cimpor.pt/cache/bin/rela%27T2%27_sustentabilidade_cimpor1-509.pdf

9.3. Endereços na *World Wide Web*

<http://www.modular-system.com/site/level1b.php-a=w&page=1&c=ex&id=4&l=pt.htm>

<http://casas-modulares.com/casas-modulares/”T1”-economico-sit-modular/>

<http://www.granifinas.pt/?m=produtos>

http://www.casasmood.com/habitacao_mood2a_”T2”.html

<http://www.hypeness.com.br/2011/03/predio-feito-com-containers/>

<http://www.teketo.pt/index.php/pt/modiko/conceito>

<http://www.floornature.com/projects-housing/project-loftcube-werner-aisslinger-2007-4899/>

<http://inhabitat.com/crossbox-beautiful-modular-container-home-in-france/>

<http://www.marmolradzinerprefab.com/>

http://www.jular.pt/conteudos.php?lang=pt&id_menu=326

<http://www.anteprojectos.com.pt/2012/08/02/larus-apresenta-construcao-modular-sustentavel/>

<http://www.dgeg.pt/>

<http://industria.tecniwood.pt/scid/damadpt/defaultArticleViewOne.asp?categoryID=474&articleID=156>

<http://www.martos.pt/?p=FF3&jc=FF14&pc=FF5&ip=Vkd4U1RrNUZOVIZWV0d4”T1”VrWkdNMVF3UIRsUVVUMDk=&l=pt>

<http://ethoscracia.blogspot.pt/2011/12/musica-na-gare-do-orient.html>

http://www.efotospt.com/index.php/component/option,com_joomgallery/func,detail/id,280/Itemid,60/

<http://tilesexperts.com/wordpress/os-misterios-das-piramides-de-gize/>

<http://arquitetandonanet.blogspot.pt/2010/09/palacio-de-cristal-londres-inglaterra.html>

<http://diariodawikipedista.blogspot.pt/2010/09/le-corbusier-casa-domino.html>

<http://uncrate.com/stuff/loft-cube/>

<http://5osa.tistory.com/entry/Spacebox-Spacebox-Eindhoven-2005-TUe>

<http://portugalconfidential.com/2012/01/mima-house-modern-modular-moderately-priced/>

<http://rideronthest0rm.tumblr.com/post/55936379/szymon-habitat-67-montreal>

<http://www.leirichapa.pt/index.php?id=5&idf=19&idp=9>

<http://www.ritesma.com.br/empresa.html>

http://wwf.panda.org/who_we_are/

http://pt.wikipedia.org/wiki/Desenvolvimento_sustent%C3%A1vel

<http://sites.google.com/site/edificioseedificio/edificios-sustentaveis>

<http://www.breeam.org/>

<http://www.earthcharterinaction.org/invent/images/uploads/ECTG%20%28Portuguese%29.pdf>

<http://www.espacoacademico.com.br/061/61sposto.htm>

http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg5/anais/T8_0142_0830.pdf

<http://www.gbcbrasil.org.br/pt/>

<http://www.google.pt/search?hl=pt-PT&q=constru%C3%A7%C3%A3o+sustent%C3%A1vel&aq=0&aqi=g10&aql=&oq=constru%C3%A7%C3%A3o+sus>

http://www.ikaza.com.pt/PresentationLayer/ResourcesUser/Documentos/teste_casa_amiga_ambiente.pdf

<http://www.lidera.info/?p=MenuPage&MenuId=29>

<http://www.precisao.eng.br/fmnresp/sustenta.htm>

<http://www.sbtool-pt.com/>

<http://www.slideshare.net/construcaosustentavel/05-manuel-duarte-pinhoiro-lider-a-22-jan-2010-ics>

<http://www.sustentabilidade.org.br/>

<http://www.sustentabilidadecorporativa.com/2009/11/sustentabilidade-na-construcao-civil.html>

<http://www.tironenunes.pt/>

<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aia077537.pdf>

<http://www.edificiossustentaveis.pt/projectos/sonae-capital/>

<http://www.casavivaconceito.com.br/blog/2011/09/01/>

http://www.waymarking.com/waymarks/WMB419_Sonae_Maia_Business_Center_Maia_Portugal

http://www.cte.com.br/site/ver_noticia.php?id_noticia=1269

http://in3.dem.ist.utl.pt/msc_04history/

<http://www.neoturf.pt/pt>

<http://www.dgeg.pt/>

http://www.csustentavel.com/i_faq.php?id_not=29

<http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-%7C%7C-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Caixa-harias-de-Qualidade>

<http://www.deleme.pt/pt/pagina/1/o-que-fazemos/>

<http://tegnos.org/>

<http://www.albertcediel.com/estudio-impacto-ambiental-de-las-membranas-impermeabilizantes/>

<http://www.coladaweb.com/fisica/termologia/transmissao-de-calor>

<http://www.madeivouga.pt/produtos/osb.php>

<http://www.landlab.pt/marcas.php?id=1>

<http://www.janelasboavista.com/>

<http://www.ecoplace.pt/index.html>

<http://www.socimorcasal.pt/web/>

<http://www.indecolux.pt/>

<http://www.gabelex.pt/gabelex/>

<http://www.diviberica.pt/>

<http://expresso.sapo.pt/portugueses-desperdicam-agua-em-autoclismos=f292999>

<http://www.ecomeios.com/pdf/Catalogo.pdf>

<http://www.rothoblaas.com/pt/pt/produtos/sistemas-de-fixacao/pregos-parafusos-roscados.html#p.catalogo.catalogo-pregos-e-parafusos-roscados>

<http://www.construlink.com/Homepage/MostraInfo/MostraInfo.php?IdEntidade=47&Opcao=GuiaoTecnico>

http://www.unibetao.pt/wp-content/uploads/2011/04/unileve_estr.pdf

<http://www.solzaima.pt/>

<http://www.aluplasto.pt/default.asp>

<http://www.renson.eu/home/index.html>

<http://www.deco.proteste.pt/casa/agua/dicas/reutilizar-agua-em-casa>

http://ecoalcance.net/index_ficheiros/reaproveitamento.htm

http://economico.sapo.pt/noticias/consumo-de-energia-em-portugal-cai-52-em-quatro-anos_162522.html

<http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx>

<http://efapel.pt/catalogo/listaprodutos.php?cat=239&sessao=1>

<http://www.exporlux.pt/en/.pr75/linea.p1086.html#/en/m75./p1086.linea/>

<http://www.bosch-home.pt>

<http://www.vicaima.com/pt/sustentabilidade>

9.4. Bibliografia Complementar

APA – Agência Portuguesa do Ambiente, Resíduos de Construção e Demolição, Documento técnico, Amadora, 2008

Cruz, Sílvia Isabel Dias – Inovação em Portugal: O Caso do Sector da Construção, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2007. Dissertação de Mestrado.

DECRETO-LEI nº 79/2006. Diário da República, 1ª Série-A, Nº 67 (04/04/2006) págs. 2416-2468. Ministério das Obras Publicas Transportes e Comunicações. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). Lisboa.

DECRETO-LEI nº 80/2006. Diário da República, 1ª Série-A, Nº 67 (04/04/2006) págs. 2468-2513. Ministério das Obras Publicas Transportes e Comunicações. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Lisboa.

MASCARENHAS, Jorge – Sistemas de Construção – O Edifício de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa, processo evolutivo dos edificios, inovações técnicas, sistema construtivo: materiais básicos. Lisboa: Livros Horizonte, 2004.

NAÇÕES UNIDAS Agenda 21: Programa de Acção para o Desenvolvimento Sustentável. Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento - Nova Iorque, Nações Unidas, 1992.

PINHEIRO, Manuel Duarte, “A Nova Versão do Sistema LiderA”, Congresso LiderA 2009, IST, Lisboa, 2009

TIRONE, Livia; NUNES, Ken, Construção Sustentável – Soluções Eficientes Hoje, a nossa Riqueza de Amanhã, 1.ª edição, Tirone Nunes e Dinalivro, Sintra, 2007.

ANEXOS

ANEXO 1 – FUNDAÇÕES

ANEXO 2 – ESTABILIDADE

ANEXO 3 – COBERTURA AJARDINADA

ANEXO 4 – CAIXILHARIAS

ANEXO 5 – IMPERMEABILIZAÇÃO

ANEXO 6 – ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

ANEXO 7 – REVESTIMENTOS INTERIORES

ANEXO 8 – LOUÇAS SANITÁRIAS E MISTURADORAS

ANEXO 9 – CLIMATIZAÇÃO, VENTILAÇÃO E SOMBREAMENTO

ANEXO 10 – INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E AQS

**ANEXO 11 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, ILUMINAÇÃO E
EQUIPAMENTOS**

ANEXO 12 – CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS DIVERSAS

ANEXO 13 – DESEMPENHO ENERGÉTICO